



Étude expérimentale de la profondeur de polymérisation par un test de microdureté Vickers de 10 composites ” Bulk-Fill ”

Léa Kamel

► To cite this version:

Léa Kamel. Étude expérimentale de la profondeur de polymérisation par un test de microdureté Vickers de 10 composites ” Bulk-Fill ”. Médecine humaine et pathologie. 2015. <dumas-01319403>

HAL Id: dumas-01319403

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01319403>

Submitted on 20 May 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA PROFONDEUR DE POLYMÉRISATION PAR UN TEST DE MICRODURETÉ VICKERS DE 10 COMPOSITES « BULK-FILL »

Année 2015

Thèse n° 42-57-15-34

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de
Chirurgie Dentaire de Nice Le 11 Décembre 2015 Par

Madame Léa KAMEL

Née le 06 02 1992 à Nice Pour obtenir le grade de :

DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE (Diplôme d'État)

Examineurs :

Monsieur le Professeur
Madame le Professeur
Madame le Docteur
Madame le Docteur
Monsieur le Docteur

M. BOLLA
M. MULLER-BOLLA
N. BRULAT-BOUCHARD
C. JOSEPH
J-G. SABOT

Président du jury
Assesseur
Directrice de thèse
Assesseur
Invité

CORPS ENSEIGNANT

56^{ème} section : DEVELOPPEMENT, CROISSANCE ET PREVENTION

Sous-section 01 : ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeur des Universités : Mme MULLER-BOLLA Michèle
Maître de Conférences des Universités : Mme JOSEPH Clara
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme PIERRE Audrey

Sous-section 02 : ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Professeur des Universités : Mme MANIERE-EZVAN Armelle
Maître de Conférences des Universités : M. FAVOT Pierre
Assistante Associée-Praticien Associée : Mme OUEISS Arlette
Assistant Hospitalier Universitaire : M. BUSSON Floriant

Sous-section 03 : PREVENTION, EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE, ODONTOLOGIE LEGALE

Professeur des Universités : Mme LUPI-PEGURIER Laurence
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme CUCCHI Céline (jusqu'au 01^{er} Octobre)
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme SOSTHE Anne Laure (à partir du 01^{er} Octobre)
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme BORSA Leslie

57^{ème} section : SCIENCES BIOLOGIQUES, MEDECINE ET CHIRURGIE BUCCALE

Sous-section 01 : PARODONTOLOGIE

Maître de Conférences des Universités : M. CHARBIT Yves
Maître de Conférences des Universités : Mme VINCENT-BUGNAS Séverine
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme LAMURE Julie
Assistant Hospitalier Universitaire : M. RATHELOT Benjamin

Sous-section 02 : CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THERAPEUTIQUE, ANESTHESIE ET REANIMATION

Professeur des Universités Associées : Mme MERIGO Elisabetta
Maître de Conférences des Universités : M. COCHAIS Patrice
Maître de Conférences des Universités : M. SAVOLDELLI Charles
Maître de Conférences des Universités : M. HARNET Jean-Claude
Assistant Hospitalier Universitaire : M. PAUL Adrien

Sous-section 03 : SCIENCES BIOLOGIQUES

Professeur des Universités : Mme PRECHEUR SABLAYROLLES Isabelle
Maître de Conférences des Universités : Mme RAYBAUD Hélène
Maître de Conférences des Universités : Mme VOHA Christine

58^{ème} section : SCIENCES PHYSIQUES ET PHYSIOLOGIQUES ENDODONTIQUES ET PROTHETIQUES

Sous-section 01 : ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE

Professeur des Universités : Mme BERTRAND Marie-France
Professeur des Universités : M. MEDIONI Etienne
Professeur Emérite : M. ROCCA Jean-Paul
Maître de Conférences des Universités : Mme BRULAT-BOUCHARD Nathalie
Assistant Hospitalier Universitaire : M. MORKOWSKI-GEMMI Thomas
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme DUVERNEUIL Laura
Assistant Hospitalier Universitaire : M. GANDJIZADEH GHOUCHANI Mir-Payam

Sous-section 02 : PROTHESES

Professeur des Universités : Mme LASSAUZAY Claire
Maître de Conférences des Universités : M. ALLARD Yves
Maître de Conférences des Universités : M. LAPLANCHE Olivier
Maître de Conférences des Universités : Mme POUYSSEGUR-ROUGIER Valérie
Assistant Hospitalier Universitaire : poste à pourvoir le 01^{er} Novembre 2015
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme CERETTI Léonor
Assistant Hospitalier Universitaire : M. OUDIN GENDREL Antoine
Assistant Hospitalier Universitaire : M. SABOT Jean-Guy

Sous-section 03 : SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

Professeur des Universités : M. BOLLA Marc
Professeur des Universités : M. MAHLER Patrick
Maître de Conférences des Universités : Mme EHRMANN Elodie
Maître de Conférences des Universités : M. LEFORESTIER Eric
Assistant Hospitalier Universitaire : Mme CANCEL Bénédicte

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Marc BOLLA
Docteur en Chirurgie Dentaire
Professeur des Universités- Praticien hospitalier

Je vous remercie de me faire l'honneur de présider le jury de ma thèse.

Au cours de mes années d'étude, j'ai pu bénéficier de vos précieux conseils et de la richesse de vos enseignements notamment en biomatériaux.

Je vous remercie de votre encadrement et votre aide dans la réalisation de ce travail.

Veillez trouver dans ce travail, l'expression de tout mon respect et de ma profonde estime.

A Madame le Professeur Michelle MULLER-BOLLA
Docteur en Chirurgie Dentaire
Professeur des Universités- Praticien hospitalier

Je vous remercie d'avoir accepté de juger mon travail et je suis heureuse de vous compter parmi les membres de mon jury.

Les vacations hospitalières en pédodontie à vos côtés furent très agréables.

Je tiens à vous témoigner ma reconnaissance pour vos nombreuses qualités humaines et professionnelles qui imposent une profonde admiration.

Je vous prie de trouver ici, l'expression de toute ma gratitude et de ma sincère considération.

A Madame le Docteur Nathalie BRULAT-BOUCHARD
Docteur en Chirurgie Dentaire
Maître de Conférence des Universités- Praticien hospitalier

Je vous remercie de m'avoir proposé ce sujet de thèse et d'en avoir accepté la direction.

Je souhaite vous exprimer ma profonde gratitude pour votre gentillesse durant toutes ces années sur le plan professionnel et personnel.

Ce fut un immense privilège d'évoluer à vos côtés et je vous en serai éternellement reconnaissante.

En espérant que cette thèse soit à la hauteur de vos attentes, soyez assurée de l'expression de ma plus grande gratitude et de tout mon respect.

A Madame le Docteur Clara JOSEPH
Docteur en Chirurgie Dentaire
Maître de Conférence des Universités- Praticien hospitalier

C'est avec joie que je vous compte parmi les membres de mon jury.
Ce fut un immense plaisir de partager tous mes mercredis après-midi avec vous en pédodontie. Votre bonne humeur, votre pédagogie et votre spontanéité auront marqué mes années d'études.
Veuillez trouver dans ce travail l'expression de toute ma gratitude et de mon profond respect.

A monsieur le Docteur Jean-Guy SABOT
Docteur en Chirurgie Dentaire
Assistant Hospitalier Universitaire- Praticien hospitalier

Je vous remercie d'avoir accepté mon invitation à cette soutenance de thèse.
Votre enthousiasme, votre gentillesse et surtout votre patience sont autant de qualités que j'ai pu apprécier durant mes années cliniques. Merci pour votre soutien qui m'a permis de gérer les cas les plus difficiles au centre hospitalier, particulièrement en parodontologie. Ce fut un grand plaisir de travailler à vos côtés. Je vous prie de trouver ici, l'expression de toute ma gratitude et de ma sincère considération.

Table des matières

<i>TABLE DES FIGURES</i>	5
<i>TABLE DES TABLEAUX</i>	6
<i>INTRODUCTION</i>	7
<i>I. LES COMPOSITES BULK-FILL (CBF)</i>	9
1. La composition	10
1.1. La phase organique	10
1.2. La phase minérale	11
1.3. L'agent de couplage	12
2. Les propriétés physico-chimiques	12
2.1. Contraction de polymérisation	12
3. La classification des composites Bulk-Fill	13
3.1. Les composites bulk-fill de faible viscosité, recouvrables	13
3.2. Les composites bulk-fill de haute viscosité, non recouvrables	13
4. Avantages et inconvénients	14
5. Objectifs de l'étude	15
<i>II. L'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE</i>	16
1. Matériel	16
1.1. Les composites bulk-fill de l'étude	16
1.2. Lampe à photopolymériser Bluephase™ 20i d'Ivoclar Vivadent®	23
1.3. Le radiomètre Ivoclar-Vivadent®	24
1.4. La polisseuse Mecatech 334®	24
1.5. Le microscope électronique à balayage	25
1.6. Le microduromètre et la dureté Vickers	25
1.7. Le logiciel de statistique : Xcel STAT	27
2. Méthode de mesure de la profondeur de polymérisation	27
2.1. Réalisation des cylindres de composite	27
2.2. Mise en étuve	28
2.3. Collage des cylindres	29
2.4. Le polissage	29
2.5. Observation au MEB de l'état de surface des composites	30
2.6. Mesure de la microdureté Vickers	30
2.7. Analyse statistique	31
3. Résultats	33
3.1. Observation au MEB de l'état de surface des composites	33
3.2. Résultats de microdureté obtenus au microduromètre	34
3.3. Analyse des résultats	35
4. Discussion	48
4.1. Matériel	48
4.2. Protocole réalisé	49
4.3. Résultats	50
<i>CONCLUSION</i>	56
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	57
<i>ANNEXES</i>	63

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Illustration de la composition d'une résine composite	10
Figure 2 : Formule chimique des principaux éléments composants la phase organique	11
Figure 3 : Illustration d'une restauration par composite bulk fill recouvrable.....	13
Figure 4 : Illustration d'une restauration par composite bulk fill non recouvrable.....	13
Figure 5 : SDR Surefil™ (Dentsply™)	17
Figure 6 : Venus™ (Heraeus Kulzer™)	17
Figure 7 : X-tra Base™ (Voco™)	18
Figure 8 : Filtek U™ (3M ESPE™).....	18
Figure 9 : Filtek A2 de 3M ESPE.....	19
Figure 10 : X-tra fil™ de Voco™	19
Figure 11 : Tetric EvoCeram Bulk Fill™ de Ivoclar Vivadent™	20
Figure 12 : Quixfil™ de Dentsply™	20
Figure 13 : Sonic™ de Kerr™	21
Figure 14 : Filtek Bulk Postérieur restaurative™ de 3M ESPE™	22
Figure 15 : Tetric EvoCeram™ de Ivoclar Vivadent™	22
Figure 16 : Spectre d'émission de la lampe bluephase 20i.....	23
Figure 17 : Lampe à photopolymériser Bluephase 20i® d'Ivoclar Vivadent®.....	23
Figure 18 : Radiomètre (Ivoclar-Vivadent®)	24
Figure 19 : Radiomètre (Ivoclar-Vivadent®)	24
Figure 20 : Polisseuse Mecatech 334 ®	24
Figure 21 : Microscope électronique à balayage Jéol FEI XL 30 ESEM®.....	25
Figure 22 : Micromet 5100 ® série de Buehler	25
Figure 23 : Grossissements du microduromètre	26
Figure 24 : Illustration de l'indentation par la pointe diamantée	26
Figure 25 : Logiciel Xcel Stat.....	27
Figure 26 : Plaque en verre et photopolymérisation selon un axe perpendiculaire à la surface ..	28
Figure 27 : Diffusion de la lumière	28
Figure 28 : Schéma des cylindres obtenus	28
Figure 29 : Mise en étuve des cylindres de composites.	28
Figure 30 : Collage des cylindres de composites.....	29
Figure 31 : Collage des cylindres de composites.....	29
Figure 32 : Polissage des cylindres de composite	29
Figure 33 : Mesure des diagonales de l'indentation.....	32
Figure 34 : Transmission des résultats au tableau excel	32
Figure 35 : Box plot Filtek Bulk U™ de 3M ESPE™	36
Figure 36 : Box plot Filtek bulk A2™ de 3M ESPE™	37
Figure 37 : Box plot SDR™ de Dentsply™	38
Figure 38 : Box plot Venus™ de Hereaus™	39
Figure 39 : Box plot Tetric EvoCeram Bulk Fill™ d'Ivoclar Vivadent™	40
Figure 40 : Box plot Tetric EvoCeram™ d'Ivoclar Vivadent™	41
Figure 41 : Box plot X-tra Base™ de Voco™	42
Figure 42 : Box plot Sonic™ de Kerr™	43
Figure 43 : Box plot Quixfil™ de Dentsply™	44
Figure 44 : Box plot X-tra Fil™ de Voco™	45
Figure 45 : Box plot Filtek bulk posterieur™ de 3M ESPE™	46
Figure 46 : Graphique comparatif des microduretés des bulk fill en fonction de la profondeur de polymérisation.....	47
Figure 47 : Graphique comparatif des ratios (fond/surface) des bulk fill en fonction de la profondeur de polymérisation.....	55

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : <i>Propriétés mécaniques des composites hybrides</i>	12
Tableau 2 : <i>Observation au MEB des surfaces des composites après polissage</i>	33
Tableau 3 : <i>Observation au microscope optique des indentations obtenues</i>	34
Tableau 4 : <i>Statistiques Filtek Bulk UTM de 3M ESPETM</i>	36
Tableau 5 : <i>Statistiques Filtek Bulk A2TM de 3M ESPETM</i>	37
Tableau 6 : <i>Statistiques SDRTM de DentsplyTM</i>	38
Tableau 7 : <i>Statistiques VenusTM de HeraeusTM</i>	39
Tableau 8 : <i>Statistiques Tetric EvoCeram bulk fillTM de Ivoclar VivadentTM</i>	40
Tableau 9 : <i>Statistiques Tetric EvoCeramTM de Ivoclar VivadentTM</i>	41
Tableau 10 : <i>Statistiques X-tra BaseTM de VocoTM</i>	42
Tableau 11 : <i>Statistiques SonicTM de KerrTM</i>	43
Tableau 12 : <i>Statistiques QuixfilTM de DentsplyTM</i>	44
Tableau 13 : <i>Statistiques X-tra FilTM de VocoTM</i>	45
Tableau 14 : <i>Statistiques Filtek Bulk postérieurTM de 3M ESPETM</i>	46
Tableau 15 : <i>Microduretés moyennes des composites de l'étude</i>	54

INTRODUCTION

Les premiers composites photopolymérisants aux Ultra Violets ont été décrits par Buonocore en 1970 et introduits sur le marché en 1971 par la compagnie Caulk, il s'agissait du Nuva Seal System[®] (1) . Cependant ce rayonnement UV induisait des dommages importants au niveau de la cornée. C'est pour cela qu'à la fin des années 70 un nouveau composite à base de camphoroquinone, photo-polymérisant à la lumière visible, est mis sur le marché (2, 3). Cette photopolymérisation diminue le temps de prise mais induit une contraction de polymérisation interne importante.

Cette contrainte de polymérisation aux interfaces dent/adhésif/composite génère des microfissures et des percolations coronaires pouvant aller jusqu'au décollement de la restauration et à la reprise de carie. Mais il faudra attendre les travaux de Feilzer en 1987 sur la notion de facteur Cavitaire, pour comprendre qu'en diminuant le ratio entre le nombre de surfaces collées et le nombre de surfaces libres on réduit les contraintes de polymérisation. Afin de diminuer ce facteur C les composites doivent être montés selon une technique d'incrémentation oblique (4). De plus l'épaisseur des incréments ne doit pas dépasser 2mm afin d'assurer une polymérisation optimale (5). Cette technique entraîne cependant un allongement du temps de travail.

Pour réduire le temps de travail et la contraction de polymérisation, de nouveaux composites dits « fast-track » ont été commercialisés, les « Bulk-Fill », qui permettent un placement en masse sur 4-5 mm et font gagner un temps précieux aux praticiens. La restauration devient plus aisée et le risque d'incorporation de débris à l'interface diminue.

La plupart des études les concernant, testent les propriétés mécaniques de ces matériaux à 4mm. Nous avons voulu voir si celles-ci sont maintenues jusqu'à 8mm de profondeur.

Pour évaluer la profondeur de polymérisation il existe différents tests: le scraping test (norme ISO 4049), le degré de conversion de la résine composite et le test de microdureté.

Le scraping test n'est pas recommandé par Watts et Leprince pour évaluer la profondeur de polymérisation des composites bulk-fill et le degré de conversion nécessite l'utilisation d'un laser ou d'un microscope Raman dont nous ne disposons pas (6,7).

Nous allons donc réaliser un test de microdureté Vickers afin d'évaluer la profondeur de polymérisation des composites bulk-fill.

La première partie de cette étude décrira les propriétés des composites bulk-fill, et la seconde partie constituera la partie expérimentale dans laquelle nous évaluerons la profondeur de polymérisation jusqu'à 8mm par un test de microdureté Vickers.

Nous avons choisi 10 composites bulk-fill : TETRIC Evoceram™ d'Ivoclar Vivadent™ (témoin), TETRIC Evoceram bulk fill™ d'Ivoclar Vivadent™, QUIXFIL™ de Dentsply™, X-TRA FILL™ de Voco™, X-TRA BASE™ de Voco™, SDR™ de Dentsply™, VENUS™ de Heraeus Kulzer™, FILTEK A2™ de 3M ESPE™, FILTEK U™ de 3M ESPE™, FILTEK BULK postérieur™ de 3M ESPE™ et SONIC FILL™ de Kerr™. Ils seront testés à différentes profondeurs : 0,1mm, 1mm, 2mm, 4mm, 5mm, 6mm et 8mm pour évaluer l'évolution de la microdureté en fonction de la profondeur de polymérisation pour chaque composite. Ensuite, nous comparerons les résultats des microduretés des composites de même composition les uns par rapport aux autres.

I. LES COMPOSITES BULK-FILL (CBF)

À partir des travaux de Buonocore et de Bowen, de nombreuses modifications ont été apportées afin d'améliorer les propriétés physiques et mécaniques des résines composites (8, 9). Dentsply™ est le premier fabricant à commercialiser les composites « Bulk-Fill » avec, en 2003, l'introduction sur le marché du Quixfil™ suivi en 2009 du SDR™ (10).

Les CBF sont censés permettre un remplissage plus rapide des cavités volumineuses (jusqu'à 5-6mm), avec un temps de photopolymérisation identique (20s à 40s) et une intensité lumineuse élevée (généralement > 800–1000 mW/cm²).

Les CBF doivent répondre aux critères suivants afin d'assurer une restauration pérenne dans le temps:

- Faible retrait de polymérisation (11)
- Bonne adaptation du matériau aux bords de la cavité, aux parois et au fond des cavités
- Propriétés physiques et mécaniques adéquates (résistance à la flexion, module d'élasticité, profondeur de polymérisation...)
- Résistance à l'abrasion (12).

La formulation chimique des CBF a été modifiée pour répondre aux exigences précédemment mentionnées : afin de réduire la contraction de polymérisation, des charges minérales sont utilisées comme «relaxateurs des tensions de polymérisation» et permettent d'augmenter plus lentement le module d'élasticité au cours du durcissement du composite tout en maintenant une vitesse de polymérisation normale (SDR™ Surefil Dentsply™). Les CBF, sur une épaisseur importante, durcissent aussi bien que les composites traditionnels incrémentés sur 2mm. Le durcissement des CBF en profondeur est en partie due au fait que la plupart de ces composites sont translucides et laissent passer la lumière. Malheureusement, la translucidité des bulk-fill compromet le résultat esthétique des restaurations (13).

1. La composition

Les composites dentaires sont des résines composites comprenant une matrice, formant la phase organique, des charges, formant la phase minérale et des agents de couplage qui optimisent les propriétés mécaniques des éléments constituant les composites.

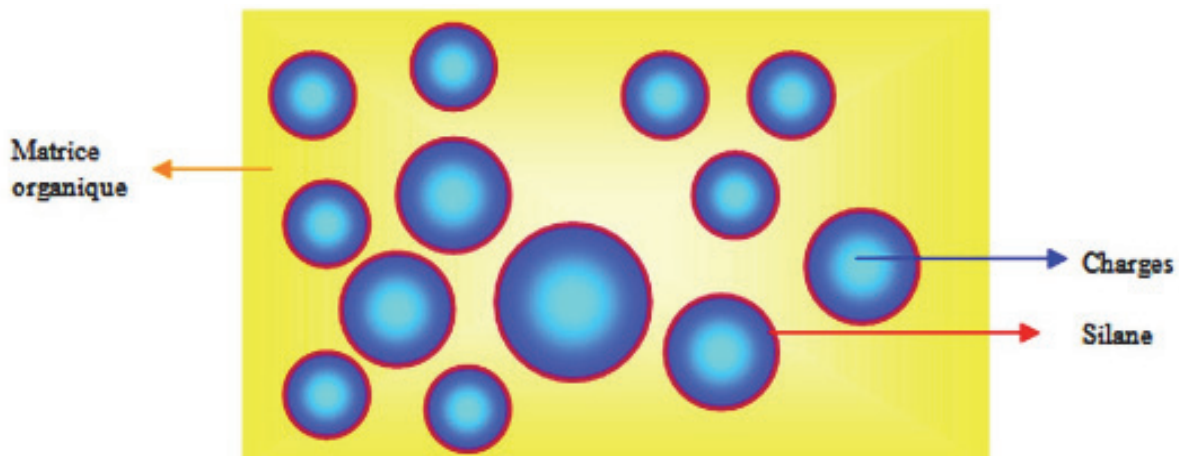


Figure 1 : Illustration de la composition d'une résine composite (2)

1.1. La phase organique

La matrice composant la phase organique représente en moyenne 25 à 50% du volume du composite. Elle comprend la résine matricielle, les abaisseurs de viscosité, le système de polymérisation ainsi que les inhibiteurs de prise.

- La résine matricielle est constituée de Bis-GMA (Bisphénol glycidyl méthacrylate), de Bis-EMA (Ethoxylated bisphénol-A diméthacrylate), ou de Bis-MA ((2,2-bis-(4-(méthacryloxy)phényl) propane). Le Bis-GMA augmente la viscosité des composites et rend difficile son utilisation clinique, les fabricants Dentsply™ et Heraeus Kulzer™ l'ont retiré des matrices organiques des composites SDR™ et Venus™.

- Les abaisseurs de viscosité sont des monomères tels que MMA (MéthAcrylate de Méthyle), EGDMA (Ethylène Glycol DiMéthAcrylate), UDMA (Urethane diméthacrylate), DEGMA (DiEthylène Glycol diMéthAcrylate), TEGDMA (TriEthylène Glycol DiMéthAcrylate)

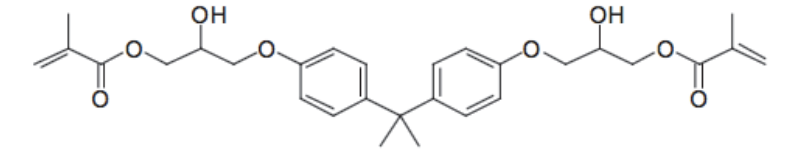
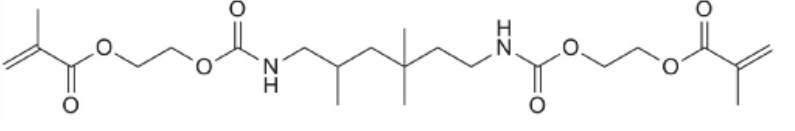
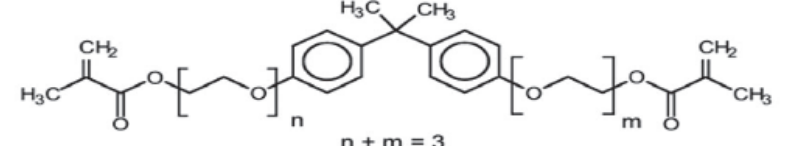
	Bis-GMA Bisphenol A-diglycidyl dimethacrylate
	UDMA Urethane dimethacrylate
	Bis-EMA Ethoxylated bisphenol A dimethacrylate

Figure 2 : Formule chimique des principaux éléments composant la phase organique (2)

- L'Ivocerin, la Lucérine, le TPO, la Camphoroquinone et le phényl propanedione sont les agents constituant le système de photo ou de chémopolymérisation. L'Ivocerin est un nouveau photo-initiateur contenu dans le Tetric EvoCeram Bulk Fill™ plus réactif que les photo-initiateurs conventionnels du fait de sa grande capacité à absorber la lumière visible.
- Les inhibiteurs de prise : l'hydroquinone, monométhyl éther d'hydroquinone, BHT (2, 4, 6-tritertiary-butyl phénol) sont des dérivés du phénol.

1.2. La phase minérale

Les charges minérales, dont les taux en volume sont compris entre 20 et 77% et entre 30 et 90% en poids, renforcent le matériau. Le pourcentage de ces charges varie en fonction de la nature du composite : microchargé, hybride, nanochargé. Ces charges améliorent les propriétés mécaniques du matériau, diminuent sa contraction interne et réduisent par là les contraintes de polymérisation.

Il existe des micro-charges (charges minérales formées principalement de Silice) d'environ 0,04 µm, et des macro-charges (charges organiques formées de particules de verre ou de quartz) dont les tailles varient entre 1µm et 50µm.

L'augmentation du pourcentage de charges et la diminution de leur taille augmentent la résistance à l'usure du matériau, optimisent l'état de surface et donc l'esthétique, tout en diminuant la rétention de plaque. Dans les CBF, 3 types de charges sont retrouvées : les microcharges (40-50nm), les nanocharges (5-100 nm) et les charges hybrides (0,1-0,5nm et 40nm).

Afin d'obtenir de plus petites charges, le fabricant Ivoclar Vivadent™ (pour le composite Tetric EvoCeram Bulk Fill™), fractionne les microcharges et obtient des pré-polymères. Leur utilisation a pour objectif de réduire la contraction de polymérisation.

1.3. L'agent de couplage

L'agent de couplage, la plupart du temps le silane, est une molécule qui permet la cohésion entre les phases organique et minérale. (14)

2. Les propriétés physico-chimiques

2.1. Contraction de polymérisation

Lors de la polymérisation des composites, les liaisons entre les molécules deviennent plus courtes, provoquant ainsi une rétraction de prise des résines composites.

Les contraintes de polymérisation sont transmises aux parois dentaires pouvant causer la dégradation du joint entre la dent et le composite, et une perte d'étanchéité augmentant le risque de reprise de caries.

Famille	Viscosité	Nombre	Taille des charges		% Charges (poids)	% Charges (volume)	Module d'élasticité (GPa)	Résistance à la flexion (MPa)	Dureté Vickers	Rétraction de prise
Hybrides	Moyenne	45	1 à 1,5 um/ Macrocharges de 10 à 15 um et microcharges de 0,04 um	Microhybrides : 0,6 à 1um	78 (72,0 - 86,0)	65	9,3 (3,6-17,7)	109,8 (58,0-204,0)	57,0 (25,8-	3,04
	Fluides	26		Nanochargés : <0,4 um	64,5 (45,0-76,0)	45,9	4,5 (1,9-5,9)	88,0 (42,8-114,0)	20,6 (8,5-30,0)	4,68
	Compactable	15		Nanocharges	79,1 (66,0-86,0)	66,1	9,5 (2,9-14,6)	112,1 (51,2-150,0)	50,2 (24,2-74,0)	2,58

Tableau 1 : Propriétés mécaniques des composites hybrides (2)

3. La classification des composites Bulk-Fill

Il existe actuellement deux grandes familles de CBF : les composites de faible viscosité recouvrables et les composites de haute viscosité non recouvrables.

3.1. Les composites bulk-fill de faible viscosité, recouvrables

Les CBF fluides doivent être recouverts en occlusal par une couche de 2mm d'un composite conventionnel. En effet, pour obtenir cette fluidité, la quantité de charges minérales est fortement réduite. Les propriétés mécaniques du composite deviennent insuffisantes pour supporter les charges occlusales. Parmi les composites étudiés, citons le SDR™ de Dentsply™, X-tra Base™ de Voco™, Venus bulk fill™ de Heraeus™, Filtek A2™ et Filtek U™ de 3M ESPE™.

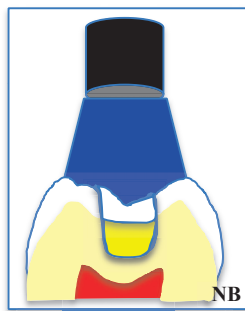


Figure 3 : Illustration d'une restauration par composite bulk-fill recouvrable

3.2. Les composites bulk-fill de haute viscosité, non recouvrables

Les CBF de haute viscosité ne nécessitent pas de couche de recouvrement. Les propriétés mécaniques de ces composites suffisent pour supporter les contraintes occlusales. Dans notre étude le Quixfil™ de Dentsply™, le Tetric Evoceram™ d'Ivoclar Vivadent™, l'X-tra fill™ de Voco™ et le Sonic™ de Kerr™ sont des composites de haute viscosité. (4)

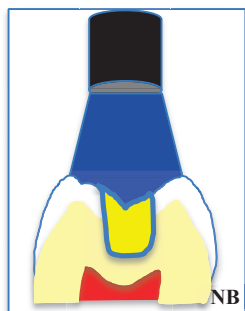


Figure 4 : Illustration d'une restauration par composite bulk-fill non recouvrable

4. Avantages et inconvénients

Selon les fabricants, les CBF présentent comme avantages :

- Un gain de temps avec une technique d'obturation plus rapide éliminant les stratifications complexes : amélioration de l'efficacité économique
- Une manipulation simplifiée
- Moins de problèmes au niveau des interfaces souvent imparfaites (incorporation de bulles) par la diminution du nombre d'incrémentes.

Cependant, il existe quelques inconvénients :

- La profondeur de polymérisation est insuffisante lorsque le temps d'exposition est court avec une lampe de photopolymérisation de faible puissance.
- La proportion réduite de charges minérales (expansion thermique plus importante, module d'élasticité moins élevé, davantage d'abrasion..) entraîne des sensibilités plus élevées à la dégradation.
- Le point de contact est plus difficile à réaliser
- La translucidité élevée du composite le rend moins esthétique. (4)

5. Objectifs de l'étude

Cette étude aura pour objectifs d'évaluer dans un premier temps la profondeur de polymérisation de 10 CBF par un test de microdureté Vickers, jusqu'à 8mm de profondeur. Dans un second temps, des comparaisons seront établies entre les microduretés moyennes de tous les CBF et notamment les différences de résultats entre les CBF de faible viscosité et ceux de viscosité élevée. Enfin, il sera intéressant de comparer les résultats obtenus par les Filtek UTM et Filtek A2TM, afin d'analyser l'effet de teinte, ainsi que ceux des Tetric EvoCeramTM et Tetric EvoCeram Bulk FillTM.

II. L'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

Dans un premier temps nous allons présenter les matériels et méthodes utilisés pour réaliser le test de microdureté Vickers. Celle-ci est mesurée sur 8mm de profondeur, l'opération est répétée pour 12 cylindres. Dans un second temps, les résultats seront analysés à l'aide du logiciel Xcel Stat afin de constater s'il existe une différence significative entre les différentes profondeurs de polymérisation. Enfin, nous discuterons les conclusions de ces résultats en s'appuyant sur la littérature.

1. Matériel

1.1. Les composites bulk-fill de l'étude

Dans cette étude 10 CBF sont testés :

- **TEMOIN : TETRIC Evoceram™** (Ivoclar Vivadent™, Schaan, Liechtenstein)
- **TETRIC Evoceram bulk fill™** (Ivoclar Vivadent™, Schaan, Liechtenstein)
- **QUIXFIL™** (Dentsply™, De Trey, Konstanz, Germany)
- **FILTEK BULK POSTÉRIEUR™** (3M ESPE™, St Paul, MN, USA)
- **SONIC FILL™** (Kerr™, Washington D.C, USA)
- **X-TRA FILL™** (Voco™, Anton-Flettner, Germany)
- **X-TRA BASE™** (Voco™, Anton-Flettner, Germany)
- **SDR Surefil™** (Dentsply™, De Trey, Konstanz, Germany)
- **VENUS™** (Heraeus kulzer™, South Bend USA)
- **FILTEK BULK A2™** (3M ESPE™, St Paul, MN, USA)
- **FILTEK BULK U™** (3M ESPE™, St Paul, MN, USA)

Les composites de faible viscosité

1.1.1. SDR Surefil™ de Dentsply™

Le Surefil SDR™ est un composite fluide dont la matrice organique est composée d'UDMA modifié, EBPADMA, TEGDMA, UDMA. Le taux de charge est de 68% en poids et 45% en volume. Ce matériau existe en teinte universelle, en A1, A2 et A3. Pour notre étude nous utilisons la teinte universelle. Ce composite est utilisé pour les restaurations postérieures en fond de cavité, comme substitut dentinaire sur une épaisseur de 4mm. Il ne s'utilise pas en occlusal et doit être recouvert d'un composite conventionnel sur les 2 derniers millimètres. La microdureté moyenne annoncée par le fabricant est de 40 VHN (15).



Figure 5 : SDR Surefil™ de Dentsply™

1.1.2. Venus bulk fill™ de Heraeus™

Le bulk fill Venus™ est un composite fluide dont la matrice est composée d'UDMA, EBPADMA. Le taux de charge est de 65% en poids et 38% en volume. Ce matériau existe en teinte universelle, il s'utilise comme substitut dentinaire pour les classes 1 et 2 et doit être recouvert en occlusal d'un composite conventionnel. Selon les fabricants la profondeur de polymérisation est de 6,2mm. La microdureté Vickers annoncée par le fabricant est de 52 VHN (16).



Figure 6 : Venus™ de Heraeus Kulzer™

1.1.3. X-tra Base™ de Voco™

L'X-tra Base™ de Voco™ est un composite fluide dont la matrice est composée d'UDMA, bis-EMA et de bis-GMA. Le taux de charge est de 75% en poids et 58% en volume. Ce matériau existe en deux teintes, teinte universelle et A2 (nous utilisons la teinte universelle dans cette étude). L'X-tra base s'utilise pour les restaurations postérieures en tant que fond de cavité et doit être recouvert en occlusal par un composite de plus haute viscosité. La microdureté annoncée par le fabricant est de 100 VHN (17).



Figure 7 : X-tra Base™ de Voco™

1.1.4. Filtek U™ de 3M ESPE™

Le Filtek U™ est un nano-composite fluide dont la matrice est composée de Bis-GMA, UDMA et Bis-EMA. Le taux de charge est de 64,5% en poids et 42,5% en volume. Ce matériau s'utilise comme base de 4mm sous les restaurations de classe 1 ou 2 et doit être recouvert par un composite conventionnel sur les 2 derniers millimètres occlusaux. Filtek U™ s'utilise également comme liner, sealant pour des puits et sillons. La microdureté Vickers, annoncée par le fabricant, est de 56,9 VHN (18).



Figure 8 : Filtek U™ de 3M ESPE™

1.1.5. Filtek A2™ de 3M ESPE™

Le Filtek A2™ est un composite fluide dont la matrice est composée de Bis-GMA Bis-EMA et UDMA. Le taux de charges est de 64,5% en poids et 42,5% en volume. Ce matériau s'utilise comme base de 4mm sous des restaurations de Cl 1 ou 2 et doit être recouvert par un composite conventionnel sur les 2 derniers millimètres occlusaux. Il s'utilise également comme liner, sealant pour puits et sillons . La microdureté Vickers, annoncée par les fabricants, est de 56,9VHN (19).



Figure 9 : *Filtek A2™ de 3M ESPE™*

Les composites de haute viscosité non-recouvrables

1.1.6. X-tra fil™ de Voco™

L'X-tra fil™ de Voco™ est un composite hybride de viscosité élevée, sa matrice est composée de bisphénol A, MMA et de Bis-EMA. Le taux de charges est de 86% en poids et 58% en volume. Existant uniquement en teinte universelle, ce composite s'utilise pour les restaurations postérieures, pour l'obturation des classes 1 et 2 et pour la reconstitution de moignons. Ce composite contient un système de charges multi hybrides et un système initiateur novateur qui procurent une très faible rétraction de prise et d'excellentes propriétés de durcissement (20). La microdureté Vickers annoncée par le fabricant est de 142 VHN.

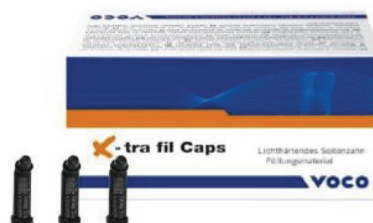


Figure 10 : *X-tra fil™ de Voco™*

1.1.7. Tetric Evoceram bulk fill™ de Ivoclar Vivadent™

Le Tetric Evoceram bulk fill™ est un composite modulable de haute viscosité dont la matrice est composée de Bis-GMA, UDMA et TEGDMA. Le taux de charges est de 80% en poids et 60% en volume. Il existe en différentes teintes : B1, A2 dentine, B2 dentine, universelle. Pour cette étude, nous utilisons la teinte universelle. La dureté Vickers annoncée par les fabricants est 62 VHN (21).



Figure 11 : *Tetric EvoCeram Bulk Fill™ de Ivoclar Vivadent™*

1.1.8. Quixfil™ de Dentsply™

Le Quixfil™ est un composite de viscosité élevée dont la matrice est composée de Bis-EMA, UDMA, TEGDMA, TMPTMA, TCB. Le taux de charges est de 86% en poids et 66% en volume. Ce composite s'utilise comme restauration directe postérieure et selon le fabricant, il peut être photopolymérisé jusqu'à 4mm de profondeur. Pour cette étude nous utilisons la teinte universelle. La microdureté Vickers annoncée par le fabricant est de 88,1 VHN (22).



Figure 12 : *Quixfil™ de Dentsply™*

1.1.9. SonicFill™ de Kerr™

Le Sonic Fill™ est un composite nanohybride indiqué pour toutes les classes de cavités sur dents postérieures, et peut s'utiliser en occlusal. La phase organique du Sonic Fill™ est composée de MSPMA, EBPADMA, BisGMA, TEGDMA. La phase minérale est composée de charges SiO₂, de verre de baryum et d'oxydes. Le taux de charges est de 83,5% en poids et 83% en volume. Le SonicFill™ existe en 4 teintes : A1, A2, A3, B1. Nous utilisons la teinte A2 pour notre étude. Selon les fabricants le composite Sonic Fill™ est photopolymérisable sur 5mm et la microdureté Vickers annoncée est de 90 VHN (23).



Figure 13 : *Sonic™ de Kerr™*

1.1.10. Filtek Bulk postérieur™ de 3M ESPE™

Le Filtek Bulk Postérieur™ de 3M ESPE™ est un composite nanohybride qui existe en 5 teintes : A1, A2, A3, B1, C2. Nous utilisons la teinte A2 pour cette étude. Le taux de charges est de 76,5% en poids et 58,4% en volume. Selon les fabricants le Filtek Bulk postérieur™ peut s'utiliser sur 5mm de profondeur et ne nécessite pas d'être recouvert en occlusal par un composite traditionnel.

Ses indications sont les suivantes : substitut dentinaire jusqu'à 4 mm sous les cavités de Classe I et II, matériau de restauration postérieure. La microdureté moyenne annoncée par les fabricants est de 90 VHN (24).



Figure 14 : *Filtek Bulk Postérieur restaurative™* de 3M ESPE™

1.1.11. Tetric EvoCeram™ de Ivoclar Vivadent™

Le Tetric EvoCeram™ a été développé à partir d'une technologie de pointe, la nanotechnologie. Tetric EvoCeram™ est un composite nano-hybride photopolymérisable utilisé pour restaurations directes antérieures et postérieures, et il existe en 22 teintes. Nous utilisons la teinte A2 pour notre étude. Ce matériau est composé de BisGMA, UDMA, TEGDMA et le taux de charges est de 80% en poids et 60% en volume. Il s'agit du témoin de notre étude. La microdureté Vickers n'a pas été testée par le fabricant (25).



Figure 15 : *Tetric EvoCeram™* de Ivoclar Vivadent™

1.2. Lampe à photopolymériser Bluephase™ 20i d'Ivoclar Vivadent ®

La lampe à photopolymériser que nous avons utilisée pour cette étude est la lampe Bluephase™ 20i d'Ivoclar-Vivadent ®, il s'agit d'une diode électroluminescente (DEL) de troisième génération. Cette lampe se caractérise par le nouveau système « polywave » permettant la photopolymérisation de toutes les résines composites quel que soit le photo-initiateur. Cette lampe possède une intensité lumineuse maximale de 2000 mW/cm² en Programme Turbo.

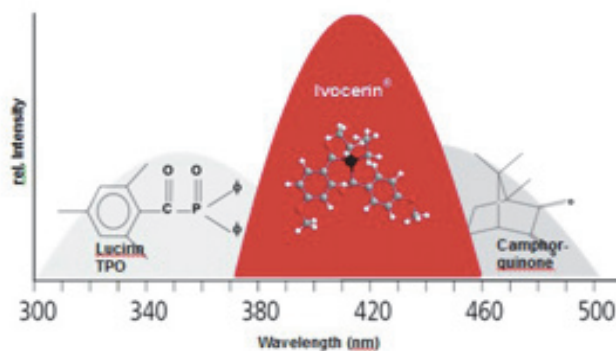


Figure 16 : Spectre d'émission de la lampe bluephase 20i

Elle est composée d'un guide de lumière parallèle, pour une photopolymérisation homogène. Le temps d'utilisation n'est pas limité grâce au ventilateur intégré permettant le refroidissement continu de la lampe. Cette lampe comprend 4 programmes : le mode Turbo (performances maximales), le mode High Power (polymérisation rapide, 1100mW/cm² durant 10 secondes), le mode Low Power (pour les polymérisations proches de la pulpe) et le mode Soft Stars (réduction du stress de polymérisation). Le Tip fibre est de 8 mm de diamètre.

Lors de cette étude, nous avons utilisé la Bluephase 20i en mode High Power. Les propriétés de la lampe sont : une longueur d'onde de 385-515 nm, une intensité lumineuse de 2000mW/cm² +/- 10% et une batterie en polymère de lithium (26).



Figure 17 : Lampe à photopolymériser Bluephase 20i® d'Ivoclar Vivadent®

1.3. Le radiomètre Ivoclar-Vivadent®

Le radiomètre permet de vérifier l'intensité de la lampe à photopolymériser avant chaque utilisation (27).



Figure 18 et 19 : Radiomètre (Ivoclar Vivadent®)

1.4. La polisseuse Mecatech 334®

Certaines études ont démontré qu'un polissage rigoureux améliore non seulement l'état de surface de la résine composite mais également ses propriétés mécaniques. Afin d'obtenir un polissage similaire pour chaque cylindre de composite nous avons utilisé la polisseuse Mecatech 334®. Elle permet le polissage de six échantillons en même temps (28).

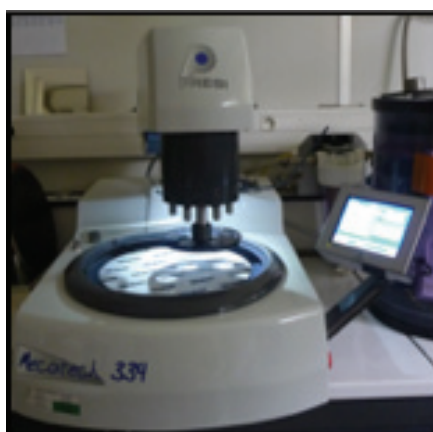


Figure 20 : Polisseuse Mecatech 334 ®

1.5. Le microscope électronique à balayage

Le microscope utilisé pour cette étude est le microscope Jeol FEI XL 30 ESEM®. (29).

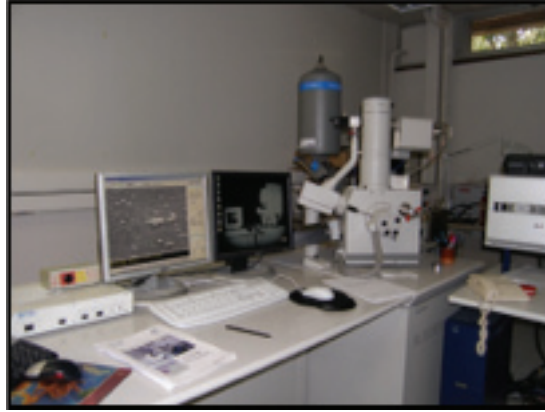


Figure 21 : *Microscope électronique à balayage Jeol FEI XL 30 ESEM®*

1.6. Le microduromètre et la dureté Vickers

Le microduromètre utilisé est le Micromet 5100® série de Buehler, Lake Bluff, IL, USA, il dispose d'un oculaire de mesure de grande précision (réticule jusqu'à $0.01\mu\text{m}$) combiné à un bloc d'éclairage halogène de 50 W (avec réglage du diaphragme d'ouverture et filtre vert escamotable).

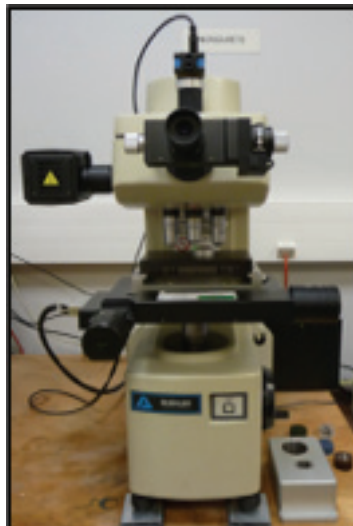


Figure 22 : *Micromet 5100 ® série de Buehler*

Le microduromètre est composé d'une pointe pyramidale normalisée en diamant de base carrée et d'angle au sommet entre faces égal à 136° . L'empreinte a donc la forme d'un carré.

On mesure les deux diagonales d_1 et d_2 de ce carré à l'aide du logiciel OmniMet HMS. On obtient la valeur d en effectuant la moyenne de d_1 et d_2 . C'est d qui sera utilisé pour le calcul de la dureté (30).

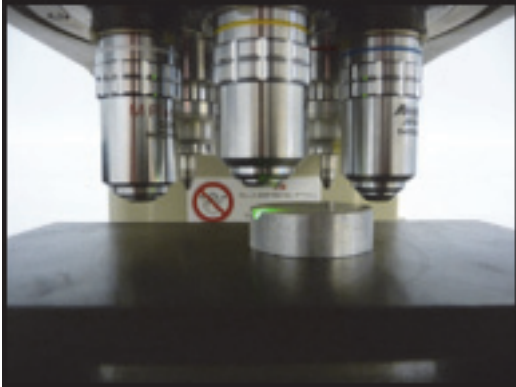


Figure 23 : Grossissements du microduromètre

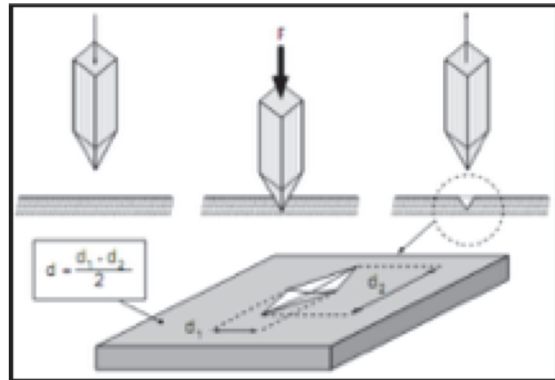


Figure 24 : Illustration de l'indentation par la pointe diamantée

Définition de la dureté Vickers :

La dureté Vickers (ou VHN) est une mesure qui caractérise la résistance d'un matériau à la pénétration d'un corps dur. L'essai de dureté consiste à créer une empreinte sur une pièce par un indenteur soumis à une force déterminée (31).

1.7. Le logiciel de statistique : Xcel STAT

Xcel Stat est un logiciel basé sur le tableur Office Excel qui visionne, modélise et analyse les données ainsi que les statistiques.

Ce logiciel nous permettra d'analyser les résultats de microdureté obtenus aux différentes profondeurs et de modéliser par des graphiques les variations en fonction de la profondeur de polymérisation des composites les uns par rapport aux autres.

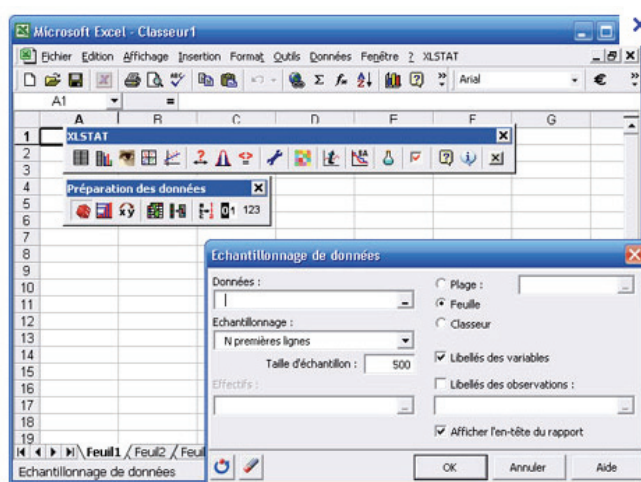


Figure 25 : Logiciel Xcel Stat

2. Méthode de mesure de la profondeur de polymérisation

Pour chaque composite étudié, 12 cylindres de 10mm de profondeur sont réalisés et la microdureté Vickers de chaque cylindre est évaluée à 0,1mm, 1mm, 2mm, 4mm, 5mm, 6mm et 8mm de profondeur. Nous allons décrire chaque étape de l'étude menant à l'obtention des résultats de microdureté.

2.1. Réalisation des cylindres de composite

Dans des conditions de température identique, un seul opérateur réalise 12 cylindres, de chaque composite, de 10mm de hauteur et 4mm de diamètre à l'aide d'un moule en téflon.

Le moule est oblitéré à sa base par une plaque de verre sur un fond noir, le composite est injecté dans le moule et recouvert d'une plaque de verre de 1mm d'épaisseur (référence lame de verre : Fisher Scientific Pittsburgh PA USA).

On applique une pression digitale sur la plaque de verre afin d'éliminer les excès de composite et on photopolymérise pendant 40s avec la lampe Bluephase 20i d'Ivoclar-Vivadent®, en mode « high intensity » en conservant un axe perpendiculaire à la surface du cylindre de composite.

L'intensité de la lampe à photopolymériser est contrôlée avec le radiomètre (1140mW/cm²). La photopolymérisation est réalisée avec un fond noir pour éviter la réflexion de la lumière de la lampe à photopolymériser. Ensuite, nous contrôlons l'homogénéité du cylindre et l'absence de bulles. Le cylindre est ensuite numéroté et placé dans de l'eau déminéralisée (32).

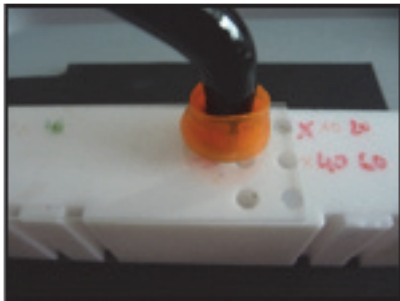


Figure 26: *Photopolymérisation selon un axe perpendiculaire à la surface*

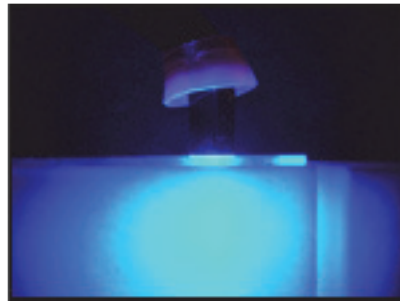


Figure 27: *Diffusion de la lumière*

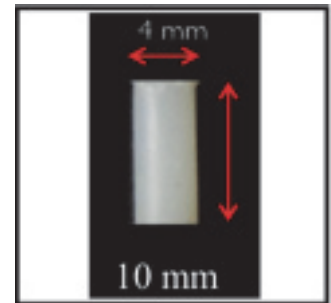


Figure 28: *Schéma du cylindre obtenu*

2.2. Mise en étuve

Les cylindres de composite sont mis en étuve durant 24 heures à 37,5°C dans le noir et sont préservés dans de l'eau déminéralisée.

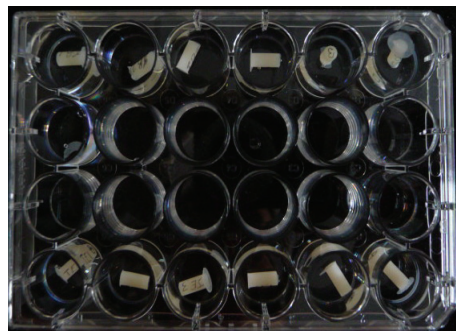


Figure 29 : *Mise en étuve des cylindres de composite*

2.3. Collage des cylindres

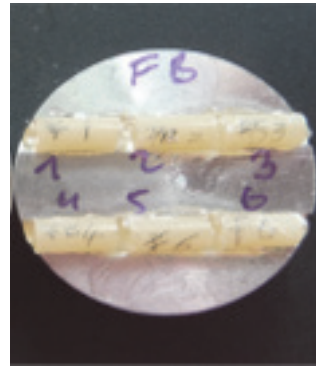
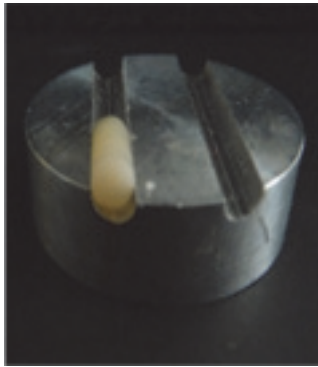


Figure 30 et 31: *Collage des cylindres de composite*

2.4. Le polissage

Chaque cylindre est poli mécaniquement pendant 20s, à la même vitesse de rotation, avec 4 disques de granulométrie décroissante : p300, p1200, p3000, p4000. La polisseuse utilisée est la Mecatech 334®.



Figure 32: *Polissage des cylindres de composite*

2.5. Observation au MEB de l'état de surface des composites

Nous avons observé au microscope électronique à balayage après polissage (p4000), les états de surface des composites en mode expérimental sans métallisation.

2.6. Mesure de la microdureté Vickers

L'étude consiste à mesurer la microdureté Vickers des CBF à 0,1mm de profondeur puis à 1mm, 2mm, 4mm, 5mm, 6mm et 8mm des 11 composites étudiés. La mesure de la dureté Vickers est le résultat du calcul suivant :

$$HV = \frac{2F \cdot \sin\left(\frac{136^\circ}{2}\right)}{g \cdot d^2}$$

HV = Dureté Vickers.
F = Force appliquée [N]
d = Moyenne des diagonales de l'empreinte [mm]
g = Accélération terrestre. [m s⁻²] (9.80665)

Chaque cylindre de chaque échantillon est observé au grossissement optique x10, afin de vérifier la régularité de l'état de surface (absence de bulles, régularité du polissage) et de centrer l'échantillon (mesure exacte à 0,1mm, 1mm, 2mm...). La première indentation est réalisée à 0,1mm du bord de l'échantillon. Une fois la position sur l'échantillon validée, l'indenteur diamanté pénètre la surface du composite. L'indentation est réalisée sous une charge de 100 grammes et durant 15secondes (figure 33). La mesure des indentations s'effectue au grossissement x50 (figure 34) et les résultats sont transférés sur un tableau excel qui donne la microdureté Vickers (annexes).

L'opération est répétée automatiquement à 1mm, 2mm, 4mm, 5mm, 6mm et 8mm de profondeur.

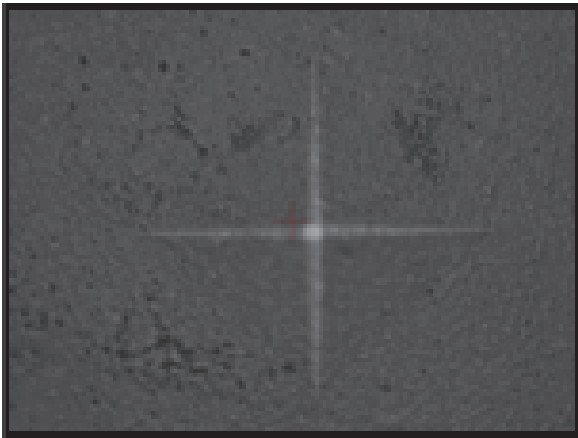


Figure 33 : Mesure des diagonales de l'indentation

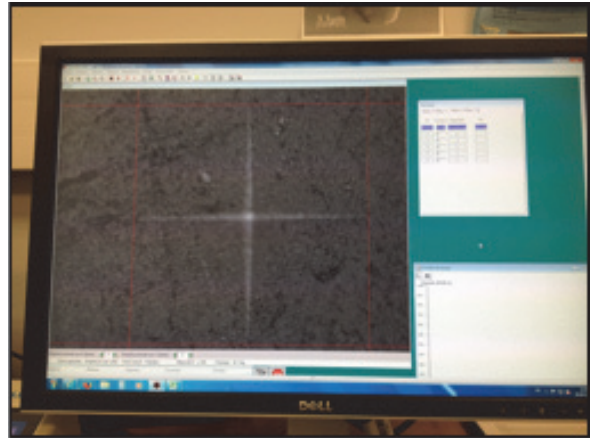


Figure 34 : Transmission des résultats au logiciel OmniMet

2.7. Analyse statistique

Les statistiques sont réalisées à partir des résultats de microdureté obtenus, et ce à l'aide du logiciel Xcel stat. Pour cette étude nous réalisons un test non-paramétrique (la répartition des échantillons ne suit pas la loi normale), il s'agit du test de Kruskal-Wallis qui permet de tester un nombre k d'échantillons indépendants même s'ils sont issus de la même population. Il est basé sur la différence entre la moyenne des rangs dans chaque groupe et la moyenne des rangs sur la population globale. Le seuil significatif est établi à $\alpha = 5\%$ (ce qui signifie que si α est inférieur à 0,05 il existe une différence significative entre les échantillons testés).

$$KW = \frac{\sum_{i=1, A} \sum_{r=1, ni} (\bar{R}_i - \bar{R})^2}{\sum_{i=1, A} \sum_{r=1, ni} (R_{ir} - \bar{R})^2 / (N - 1)}$$

Au test de Kruskal-Wallis est ajouté le test de Dunn avec une correction de Bonferroni c'est-à-dire une correction du seuil α (seuil de signification est alors inférieur à 5%). Le seuil de Bonferroni permet d'éviter les erreurs de première espèce. Il s'agit d'une correction apportée au seuil de significativité en cas de comparaisons multiples pour compenser le fait que lors de tests multiples, un test peut apparaître significatif par le simple fait du hasard (33).

La correction de Bonferroni est définie par

$\alpha / \text{nombre de comparaisons}$
--

Le but de l'étude étant d'analyser dans un premier temps l'évolution de la microdureté Vickers des CBF en fonction de la profondeur de polymérisation, la première série d'hypothèses est émise.

- H_0 : La microdureté Vickers du CBF testé est identique aux 8 mm de profondeur testés (alpha est supérieur à 0,05).

- H_a : la microdureté Vickers du CBF testé évolue avec la profondeur de polymérisation (alpha est inférieur à 0,05).

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%

Lorsque des ex-aequo sont détectés, les corrections appropriées sont appliquées.

3. Résultats

3.1. Observation au MEB de l'état de surface des composites

Voici les images, obtenues au microscope électronique à balayage après polissage (p4000), des états de surface des CBF étudiés :

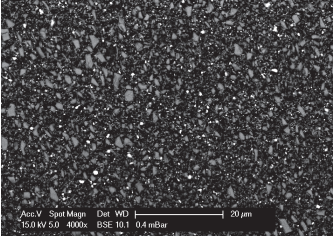
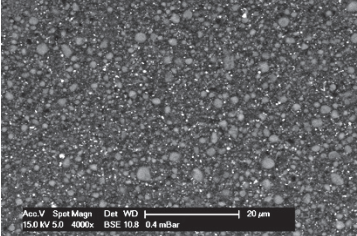
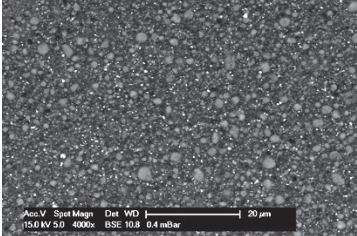
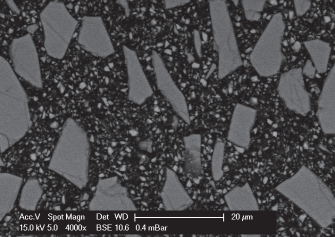
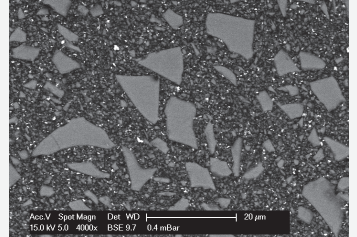
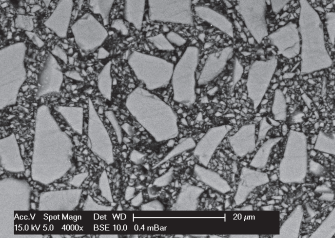
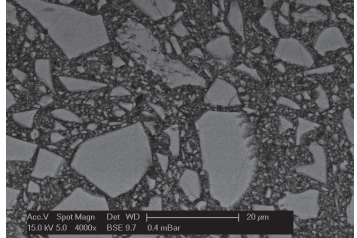
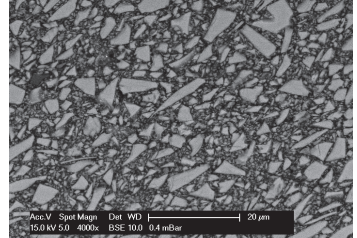
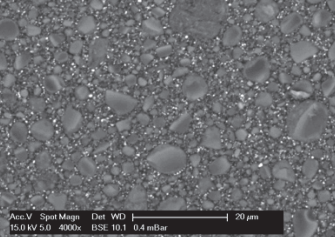
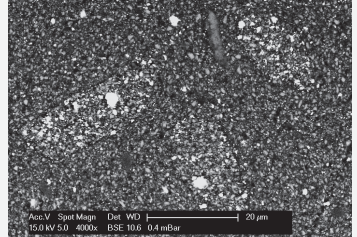
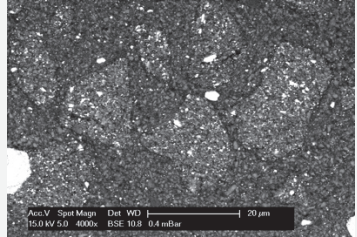
 <p>Filtek bulk fill A2™ de 3M ESPE™</p>	 <p>Filtek bulk fill U™ de 3M ESPE™</p>	 <p>Venus bulk-fill™ Heraeus™</p>
 <p>SDR™ Surefill Dentsply™</p>	 <p>X-tra Base™ de Voco™</p>	
 <p>X-tra fil™ de Voco™</p>	 <p>Quixfil™ de Dentsply™</p>	 <p>SonicFill™ de Kerr™</p>
 <p>Filtek Bulk Postérieur™ de 3M ESPE™</p>	 <p>Tetric EvoCeram bulk fill™ d' Ivoclar Vivadent™</p>	 <p>Tetric EvoCeram d' Ivoclar Vivadent™</p>

Tableau 2 : Observation au MEB des surfaces des composites après polissage

3.2. Résultats de microdureté obtenus au microduromètre

Dans le tableau suivant sont présentées quelques images observées à 1mm de profondeur au grossissement x50 :

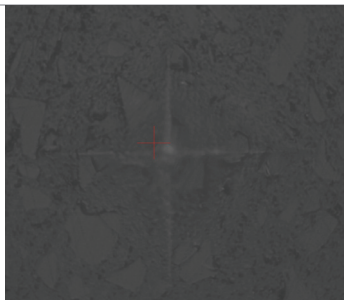
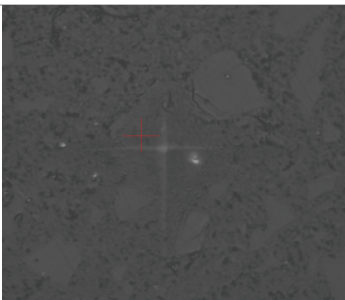
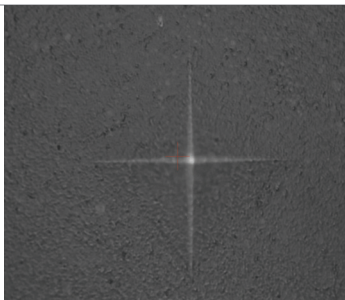
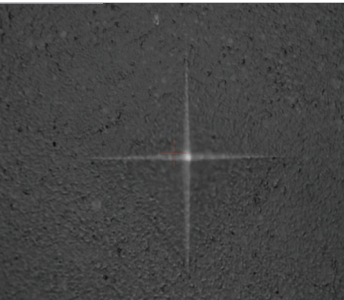
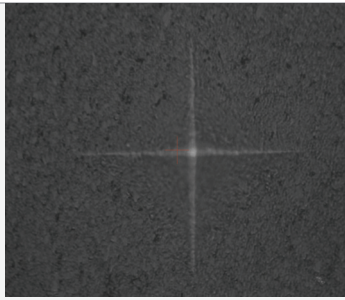
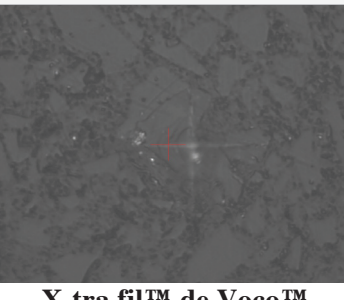

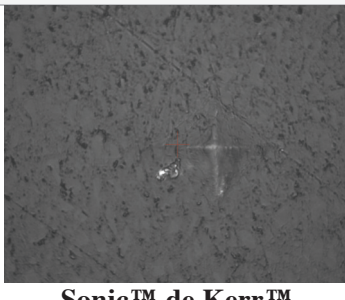
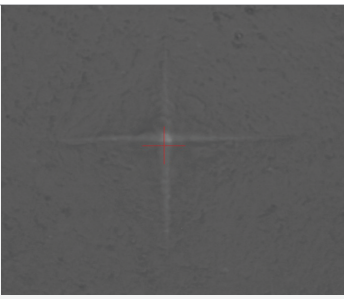
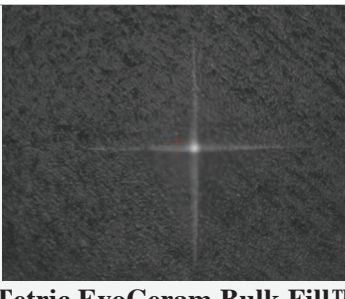
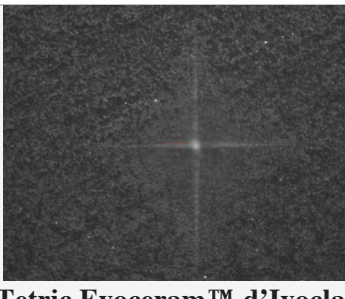
		
Surefill SDR™ Dentsply™	X-tra Base™ de Voco™	Filtek U™ de 3M ESPE™
		
Filtek A2™ de 3M ESPE™	Venus™ de Heraeus™	
		
X-tra fil™ de Voco™	Quixfil™ de Dentsply™	Sonic™ de Kerr™
		
Filtek bulk post™ de 3M ESPE™	Tetric EvoCeram Bulk Fill™ d' Ivoclar Vivadent™	Tetric Evoceram™ d'Ivoclar Vivadent™

Tableau 3: Observation au microscope optique x50 des indentations obtenues

Les résultats de microdureté obtenus suite à la réalisation des statistiques sont présentés sous forme de tableau excel. À partir de ces résultats nous avons mesuré les ratios afin de comparer l'évolution de la microdureté par rapport à la première couche analysée à 0,1mm. Le seuil de microdureté tolérable pour la réalisation d'une restauration composite de qualité est défini à 80%. En dessous de ce seuil la restauration par CBF est déconseillée.

Les ratios sont obtenus par le calcul suivant :

$$(\text{microdureté profondeur} / \text{microdureté surface}) \times 100$$

3.3. Analyse des résultats

Après la réalisation du test non paramétrique Kruskal-Wallis, la règle de Dunn et l'ajout du correctif de Bonferroni nous mettons en évidence dans un tableau la présence éventuelle d'une différence significative des microduretés aux différentes profondeurs étudiées. Nous allons analyser tous les résultats obtenus, d'abord pour chaque composite, et ensuite en comparant la microdureté Vickers des différents composites étudiés.

3.3.1. Analyse des résultats pour chaque composite bulk-fill

3.3.1.1. Analyse de la microdureté du Filtek U™ de 3M ESPE™

Le Filtek U™ est un composite fluide et la microdureté moyenne obtenue est de 41 VHN. Il existe des différences significatives entre les couches à 0,1mm et celles à 1, 2, 4 et 5mm et entre les couches à 1, 2, 4mm et celles à 8mm.

	filtekU zero,u	UN	DEUX	QUATRE	CINQ	SIX	HUIT
filtekU zero,	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non
UN	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
DEUX	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
QUATRE	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
CINQ	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non
SIX	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
HUIT	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non

Tableau 4 : Statistiques Filtek Bulk U™ de 3M ESPE™

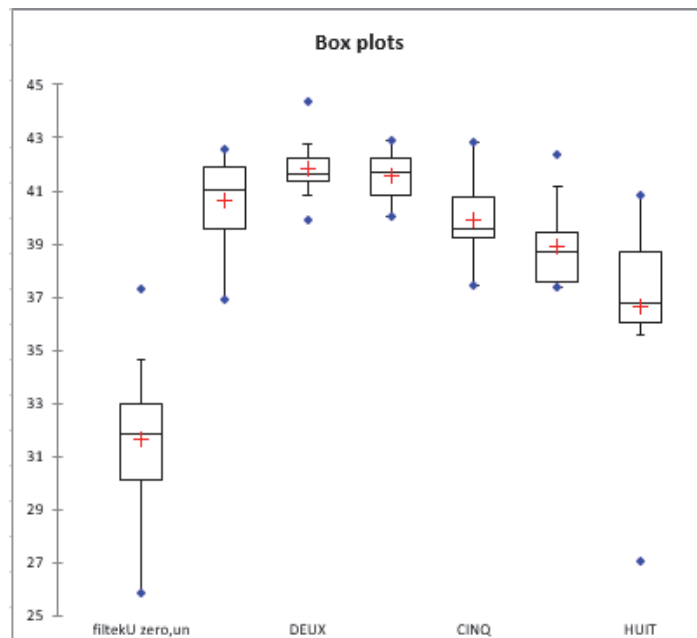


Figure 35 : Box plot Filtek Bulk U™ de 3M

3.3.1.2. Analyse de la microdureté du Filtek A2™ de 3M ESPE™

Le Filtek A2™ de 3M ESPE™ est un composite fluide et la dureté moyenne obtenue est de 38 VHN. Les résultats obtenus pour le composite Filtek A2 sont assez semblables aux résultats obtenus pour le composite Filtek U™. Il existe des différences significatives entre :

- Les microduretés évaluées à 1, 2, 4mm et celles à 8mm
- Les microduretés évaluées à 1, 2mm et celles 8mm.

	FILTEK A2zero,1	UN	DEUX	QUATRE	CINQ	SIX	HUIT
FILTEK A2zer	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
UN	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
DEUX	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
QUATRE	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
CINQ	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
SIX	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
HUIT	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non

Tableau 5 : Statistiques Filtek Bulk A2™ de 3M ESPE™

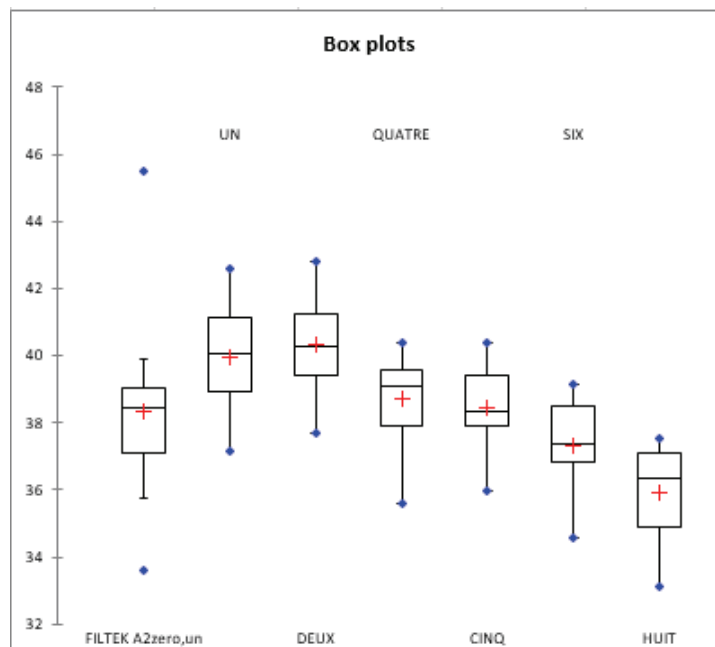


Figure 36 : Box plot Filtek bulk A2™ de 3M

3.3.1.3. Analyse de la microdureté du SDR™ de Dentsply™

Le SDR™ de Dentsply™ est un composite fluide et la dureté moyenne obtenue est de 43VHN. Des différences significatives sont observées entre les microduretés évaluées à 1 et 2mm et celles à 6 et 8mm.

	SDR ZERO,UN	UN	DEUX	QUATRE	CINQ	SIX	HUIT
SDR ZERO,UN	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
UN	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
DEUX	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
QUATRE	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
CINQ	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
SIX	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
HUIT	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non

Tableau 6 : Statistiques SDR™ de Dentsply™

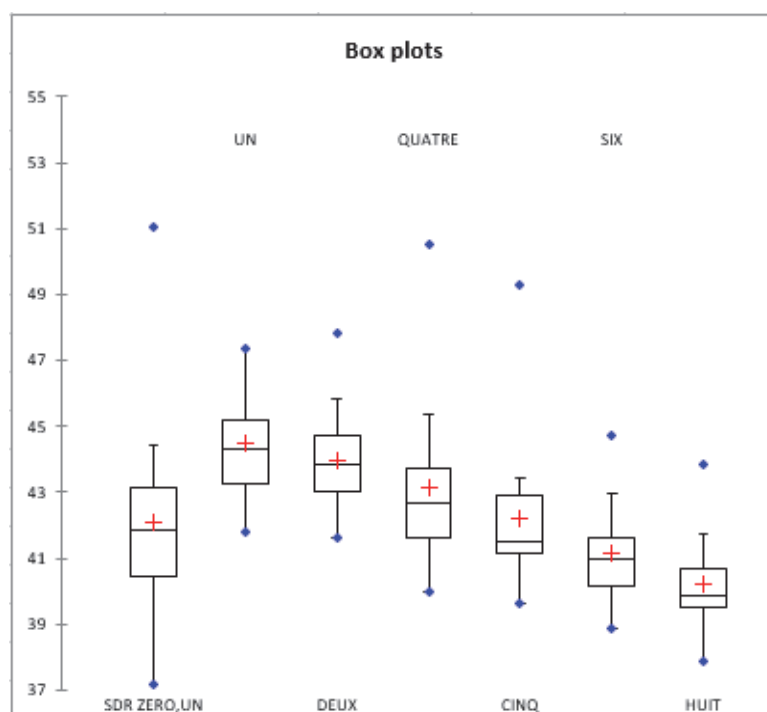


Figure 37 : Box plot SDR™ de Dentsply™

3.3.1.4. Analyse de la microdureté du Venus™ de Heraeus Kulzer™

Le Venus™ de Heraeus Kulzer™ est un composite fluide, la dureté moyenne obtenue est de 33 VHN. Il s'agit du composite étudié ayant la plus faible microdureté. On observe qu'il existe des différences significatives entre la dureté de la couche de surface et les duretés à 1 et 2mm. Il existe des différences significatives entre :

- Les microduretés évaluées à 0,1mm et celles à 1 et 2mm
- Les microduretés évaluées à 1 et 2mm et celles à 6, 8mm
- Les microduretés évaluées à 4mm et celles à 8mm

	VENUS zero,u	UN	DEUX	QUATRE	CINQ	SIX	HUIT
VENUS zero,	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
UN	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
DEUX	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
QUATRE	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
CINQ	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
SIX	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
HUIT	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non

Tableau 7 : Statistiques Venus™ de Heraeus Kulzer™

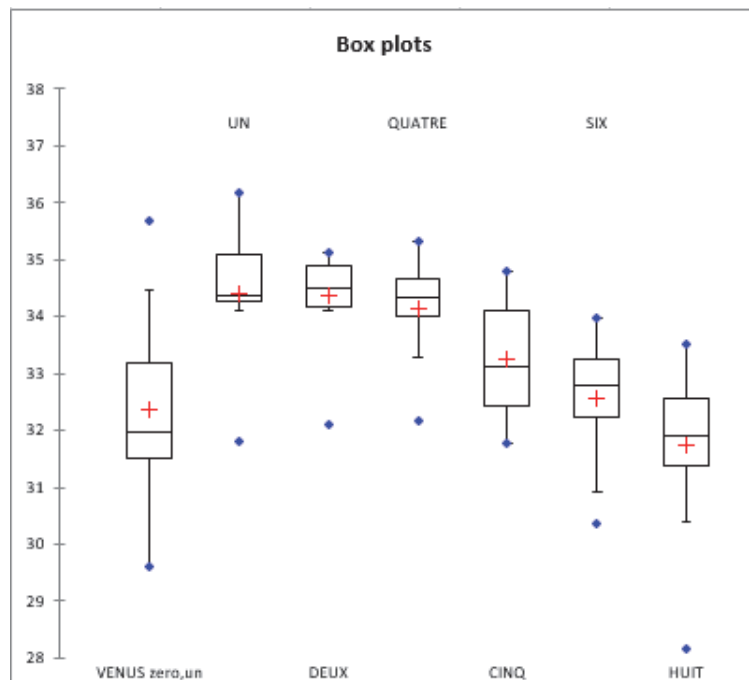


Figure 38 : Box plot Venus™ de Heraeus Kulzer™

3.3.1.5. Analyse de la microdureté du Tetric bulk EvoCeram™ d'Ivoclar Vivadent™

Le Tetric bulk fill EvoCeram™ d'Ivoclar Vivadent™ est un composite de viscosité élevée et la dureté moyenne obtenue est de 67 VHN. Il existe des différences significatives entre :

- Les microduretés évaluées à 1mm et celles à 5, 6 et 8mm
- Les microduretés évaluées à 2 et 4mm et celles à 6, 8mm

	tetbulk zero	un	deux	quatre	cinq	six	huit
tetbulk zero	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
un	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui
deux	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
quatre	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
cinq	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
six	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non
huit	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non

Tableau 8 : Statistiques Tetric EvoCeram bulk fill™ de Ivoclar Vivadent™

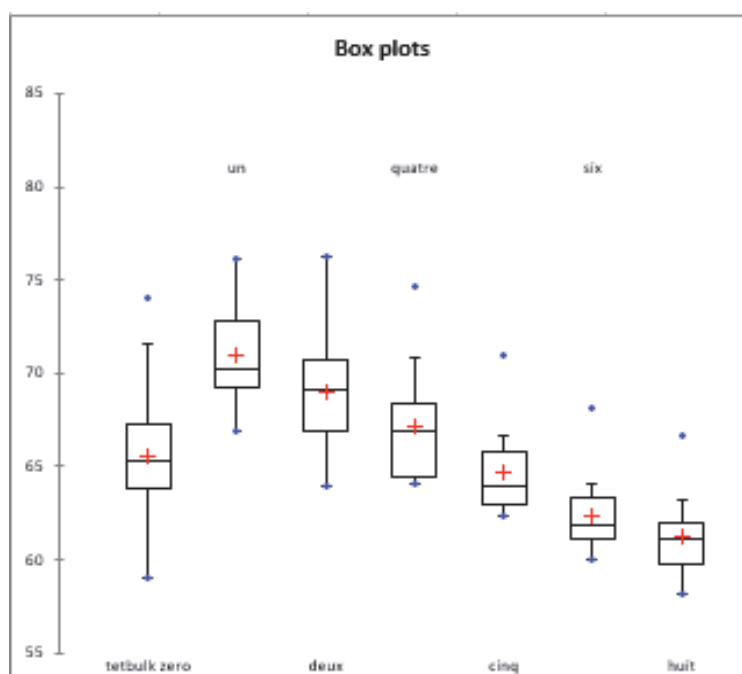


Figure 39 : Box plot Tetric EvoCeram Bulk Fill™ d'Ivoclar Vivadent™

3.3.1.6. Analyse de la microdureté du Tetric EvoCeram™ d'Ivoclar Vivadent™

Le Tetric EvoCeram™ d'Ivoclar Vivadent™, témoin de cette étude, est un composite conventionnel de haute viscosité. La microdureté moyenne obtenue est de 65VHN et les résultats sont peu différents du Tetric EvoCeram Bulk Fill™.

Il existe des différences significatives entre :

- les microduretés évaluées à 0,1mm et celles à 1, 2 et 4mm
- les microduretés évaluées à 2mm et celles à 6mm.

	tetE zero, un	UN	DEUX	QUATRE	CINQ	SIX
tetE zero, un	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non
UN	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
DEUX	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui
QUATRE	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
CINQ	Non	Non	Non	Non	Non	Non
SIX	Non	Non	Oui	Non	Non	Non

Tableau 9 : Statistiques Tetric EvoCeram™ de Ivoclar Vivadent™

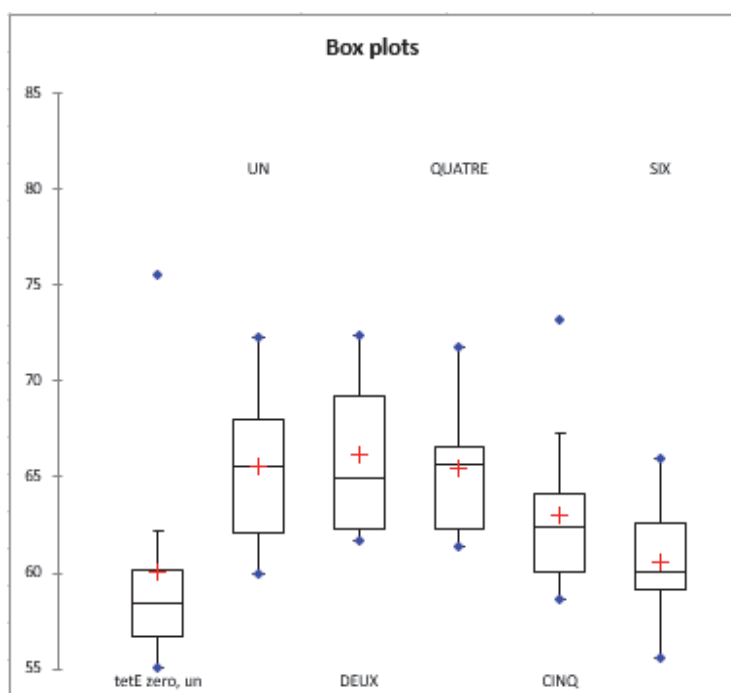


Figure 40 : Box plot Tetric EvoCeram™ d'Ivoclar Vivadent™

3.3.1.7. Analyse de la microdureté du X-tra base™ de Voco™

L’X-tra base™ de Voco™ est un composite fluide et la dureté moyenne obtenue est de 71VHN. L’X-tra Base™ est le composite fluide ayant les meilleurs résultats de microdureté Vickers.

Il existe des différences significatives entre :

- Les microduretés évaluées à 0,1mm et celles à 1 et 2mm
- Les microduretés évaluées à 1mm et celles à 6 et 8mm
- Les microduretés évaluées à 2mm et celles à 8mm

	XTRABASE ZERO	UN	DEUX	QUATRE	CINQ	SIX	HUIT
XTRABASE ZERO	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
UN	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
DEUX	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
QUATRE	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
CINQ	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
SIX	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
HUIT	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non

Tableau 10 : Statistiques X-tra Base™ de Voco™

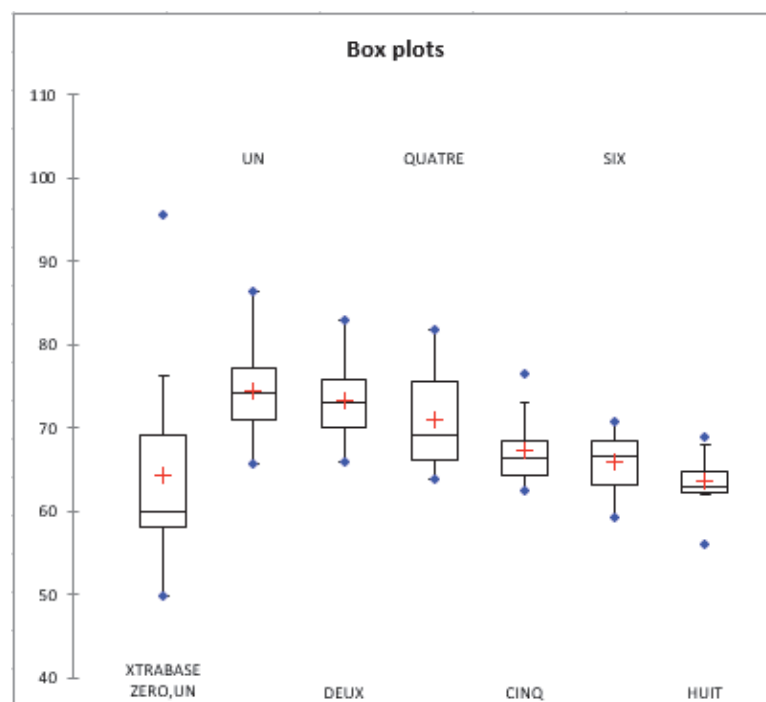


Figure 41 : Box plot X-tra Base™ de Voco™

3.3.1.8. Analyse de la microdureté du Sonic™ de Kerr™

Le Sonic™ de Kerr™ est un composite de viscosité élevée dont la microdureté moyenne est de 105VHN. Il existe des différences significatives entre les microdureté à 1, 2, 4, 5mm et celles à 8mm.

	SONIC zero,un	UN	DEUX	QUATRE	CINQ	SIX	HUIT
SONIC zero,u	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
UN	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
DEUX	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
QUATRE	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
CINQ	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
SIX	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
HUIT	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non

Tableau 11 : *Statistiques Sonic™ de Kerr™*

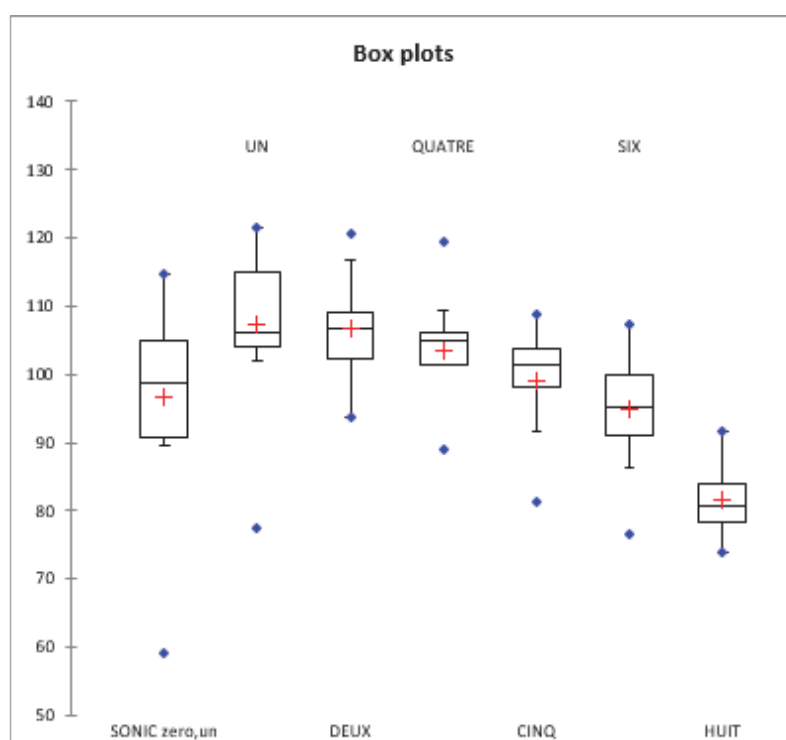


Figure 42 : *Box plot Sonic™ de Kerr™*

3.3.1.9. Analyse de la microdureté du Quixfil™ de Dentsply™

Le Quixfil™ de Dentsply™ est un composite de viscosité élevée, non recouvrable, la microdureté moyenne obtenue est de 100VHN. Il existe des différences significatives entre :

- Les microduretés évaluées à 0,1mm et celles à 1 et 2mm
- Les microduretés évaluées à 1mm et celles à 6, 8mm
- Les microduretés évaluées à 2, 4, 5mm et celles à 8mm

	quickxfill zero,1	UN	DEUX	QUATRE	CINQ	SIX	HUIT
quickxfill zero,1	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
UN	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
DEUX	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
QUATRE	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
CINQ	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
SIX	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
HUIT	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non

Tableau 12 : Statistiques Quixfil™ de Dentsply™

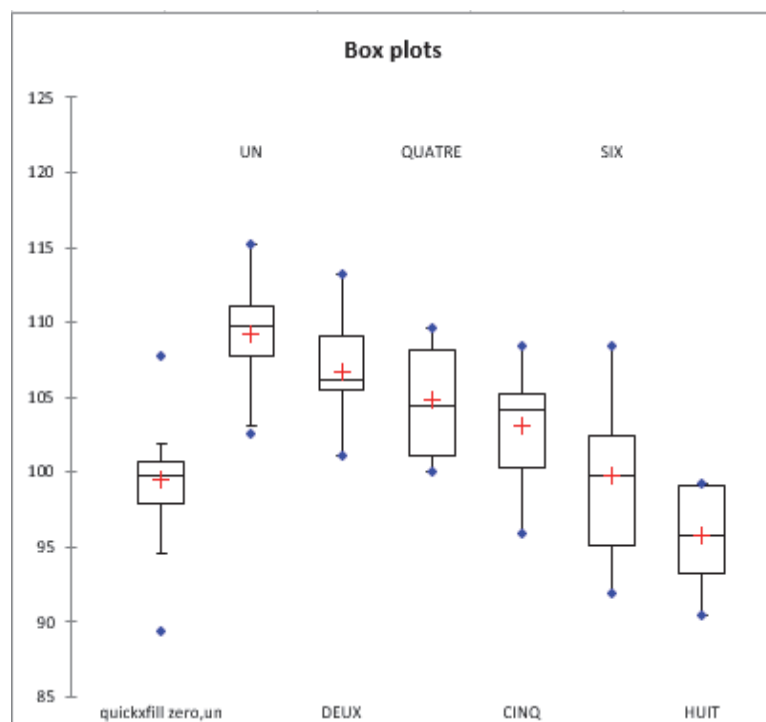


Figure 43 : Box plot Quixfil™ de Dentsply™

3.3.1.10. Analyse de la microdureté du X-tra fil™ de Voco™

L'X-tra fil™ de Voco™ est un composite de haute viscosité non recouvrable, la microdureté moyenne est de 120 VHN. Ce composite donne les meilleurs résultats de microdureté. Il existe des différences significatives entre les microduretés évaluées à 1 et 2mm et celles à 5, 6 et 8mm.

	XTRAFIL ZERO,UN	UN	DEUX	QUATRE	CINQ	SIX	HUIT
XTRAFIL ZERO	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
UN	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui
DEUX	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui
QUATRE	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
CINQ	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
SIX	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
HUIT	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non

Tableau 13 : Statistiques X-tra Fil™ de Voco™

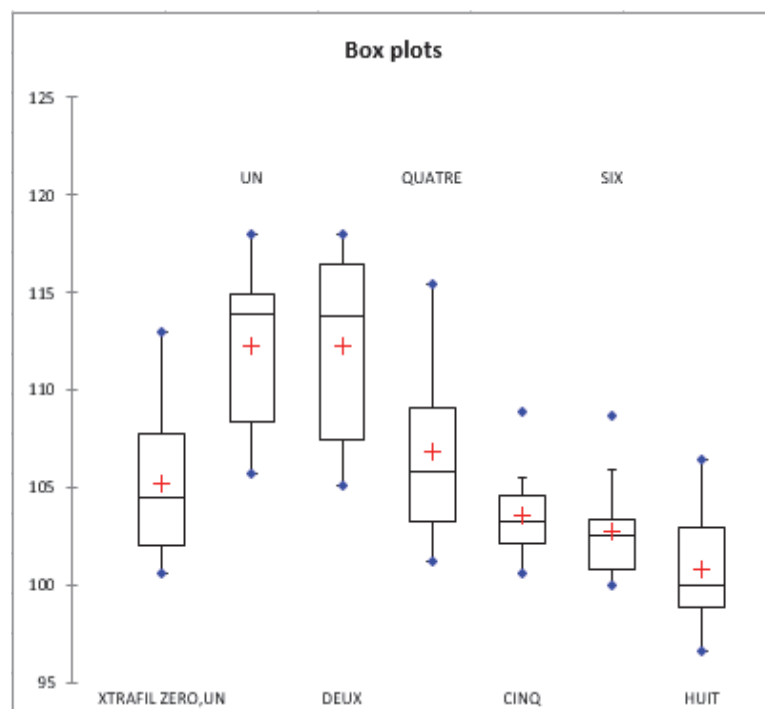


Figure 44 : Box plot X-tra Fil™ de Voco™

3.3.1.11. Analyse de la microdureté du Filtek Bulk Postérieur™ de 3M ESPE™

Le Filtek Bulk Postérieur™ est un composite de viscosité élevée et la microdureté moyenne obtenue est de 80 VHN. Il existe des différences significatives entre :

- Les microduretés évaluées à 1mm et celles à 5, 6 et 8mm
- Les microduretés évaluées à 2mm et celles à 6, 8mm
- Les microduretés évaluées à 4mm et celle à 8mm.

Filtek post	ZERO,UN	UN	DEUX	QUATRE	CINQ	SIX	HUIT
ZERO, UN	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
UN	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui
DEUX	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
QUATRE	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
CINQ	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
SIX	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
HUIT	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non

Tableau 14 : Statistiques Filtek Bulk postérieur™ de 3M ESPE™

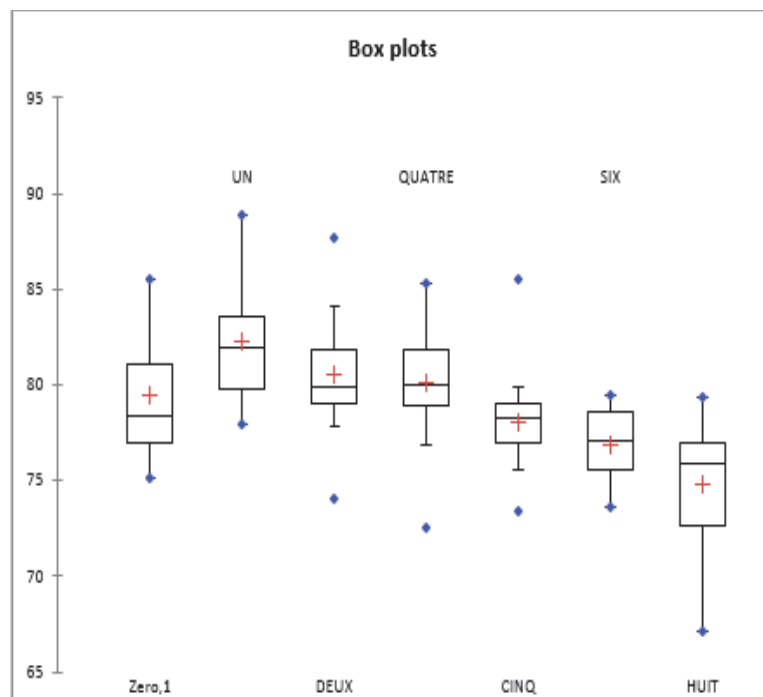


Figure 45 : Box plot Filtek bulk postérieur™ de 3M ESPE™

3.3.2 Analyse des résultats et comparaison des différents composites Bulk-Fill.

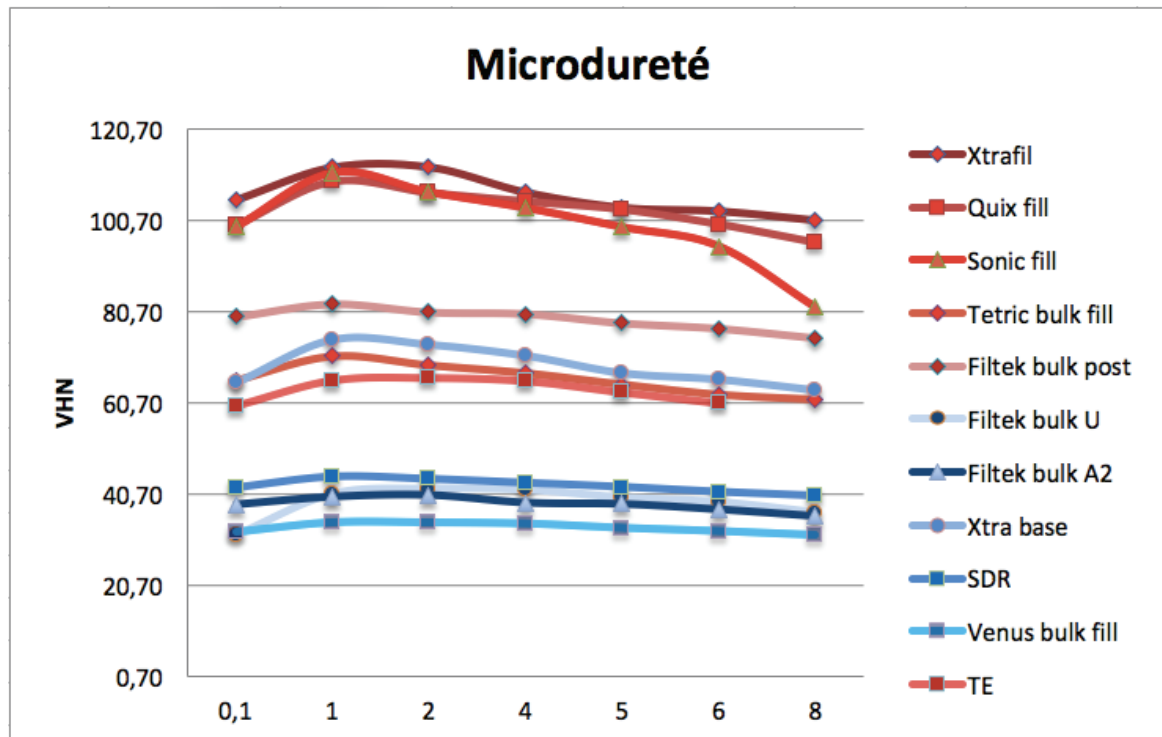


Figure 46 : Graphique comparatif des microduretés des bulk fill en fonction de la profondeur de polymérisation.

L'évaluation de la microdureté en fonction de la profondeur de polymérisation des différents CBF met en évidence trois groupes de composites :

- **Groupe 1** : valeurs de microdureté les plus faibles comprises entre 30 et 40 VHN. Ce groupe comprend les composites fluides : **Venus™** (VB), **Filtek U™** (FBU), **Filtek A2™** (FBA) et **SDR™**. Pour ces composites, la dureté moyenne est faible mais décroît lentement lorsque la profondeur augmente. Ces composites ne peuvent pas être utilisés pour des restaurations occlusales.
- **Groupe 2** : valeurs de microdureté moyennes comprises entre 60 et 80 VHN, ce groupe intermédiaire comprend le **Tetric EvoCeram Bulk Fill™** (TB), l'**X-tra Base™** (XB), le **Tetric EvoCeram™** (TE) et le **Filtek Bulk postérieur™** (FP).
- **Groupe 3** : valeurs de microdureté les plus grandes comprises entre 100 et 120 VHN. Ce groupe comprend le **Sonic fill™** (SO), le **Quixfil™** (QF) et de l'**X-tra Fill™** (XF).

4. Discussion

4.1. Matériel

4.1.1- La lampe à photopolymériser

Lors de cette étude, nous avons choisi d'utiliser la lampe de photopolymérisation Bluephase 20i® de type LED de troisième génération (Light Emitting Diode). Les LED présentent quelques avantages par rapport aux lampes halogènes. En effet les LED ont une intensité constante et ne chauffent pas (2). Comme le montre l'étude de Mils R.W en 1999, elles génèrent moins de chaleur que les lampes halogènes et délivrent une intensité lumineuse maximale et uniforme (34, 35, 36). En 2005, Asmussen et coll ont constaté que les lampes de type LED entraînaient une élévation de température au niveau des tissus pulpaire moins importante que celles de type halogène (37). En moyenne, pour une polymérisation de 20s une lampe halogène génère un échauffement de 12 à 14°C lorsque la polymérisation s'effectue à 1mm de distance, alors que pour une lampe LED l'échauffement n'est que de 5°C (38, 39).

Ainsi, les études citées ci-dessus nous permettent d'affirmer que l'utilisation d'une lampe LED est un choix convenable mais que le respect des temps de polymérisation est indispensable pour assurer la préservation du tissu pulpaire sain.

Les lampes LED présentent un réel intérêt clinique dans le cas de restaurations profondes. En effet, elles permettent de photopolymériser la résine de collage proche de la pulpe tout en minimisant l'élévation de température (40).

4.2. Protocole réalisé

4.2.1- La photopolymérisation des plots de composites

Les travaux de Czasch et Ilie 2012, Ilie et Stark 2014 ainsi que les fabricants préconisent un temps de photopolymérisation de 20s sur 4mm de profondeur (41, 42). Dans leur étude, Akram et coll recommandent de doubler le temps de photopolymérisation lorsqu'on double la profondeur de polymérisation (43). Les travaux d'Abbas montrent que les propriétés mécaniques des CBF à 4mm ne sont acceptables que lorsque la polymérisation s'effectue durant 40s (44). En accord avec ces recommandations nous avons choisi de photopolymériser tous nos échantillons pendant 40s car nous souhaitons évaluer la profondeur de polymérisation sur 8mm.

Les cylindres de composites ont tous été photopolymérisés selon un même axe perpendiculaire à la surface du composite. Le diamètre de la fibre de la lampe utilisée est de 8mm, et le diamètre des cylindres est de 4mm. Toute la surface du composite est donc uniformément recouverte par le faisceau lumineux. Pour maintenir une distance idéale de 1 mm entre la lampe et la surface du composite, nous utilisons une lame de verre de 1mm d'épaisseur. Notre protocole de polymérisation est en accord avec les études de Price et coll (2014) et de Michaud et coll (2014) qui montrent que, lorsque le faisceau est perpendiculaire à la surface du composite, les valeurs de microdureté obtenues sont optimales (45, 46). L'étude de Haenel et coll (2014), confirme que, pour remédier à une hétérogénéité de microdureté, il faut s'assurer que toutes les zones de composite aient reçu suffisamment de lumière pour achever leur polymérisation (47).

4.2.2- La mise en étuve

Les plots de composites sont mis en étuve durant 24 heures, à l'abri de la lumière et à 37,5°C. Ceci permet aux composites de terminer leur absorption hydroscopique et d'acquérir ainsi des propriétés mécaniques optimales. En effet, 75% de la polymérisation d'une résine composite se produit durant les 10 premières minutes, et le durcissement se poursuit durant 24h (48). Dans leurs études, Takanashi et Türkün ont stocké les échantillons dans l'eau avant de les polir. Leurs résultats montrent une augmentation des propriétés mécaniques des composites lorsque les finitions se font 24h après la photopolymérisation (49, 50). La mise en étuve permet donc d'obtenir des valeurs de microdureté Vickers maximum.

4.2.3- La réalisation d'un test de microdureté Vickers

La profondeur de photopolymérisation peut être évaluée de plusieurs façons, la mesure de la microdureté en est une. Parmi les différents tests de microdureté citons ceux de Knoop, Brinell et Rockwell. Afin d'évaluer la profondeur de polymérisation nous avons décidé de réaliser un test de microdureté Vickers. Nous l'avons utilisé car, selon la littérature, il est moins sensible à l'état de surface, et quasiment indépendant de la charge appliquée. L'étude de Vander Voort et Fowler montre que les microduretés Vickers obtenues ne varient pas selon la charge appliquée lorsque celle-ci est supérieure à 100g (51).

Dans notre étude le test de microdureté Vickers est réalisé sous une charge de 100g durant 15s, or la plupart des fabricants ont réalisé ce test sous une charge de 200g (notamment pour les composites Filtek™ de 3M ESPE™) et durant 15s. Nous avons réalisé les tests de microdureté sous une charge de 100g car, pour les composites fluides, l'empreinte obtenue avec 200g est trop grande pour être mesurée correctement. Le temps d'indentation choisi est celui qui est le plus souvent utilisé (52, 53, 54, 55).

4.3. Résultats

Tous nos échantillons sont polis jusqu'au disque abrasif p4000 afin de pouvoir lire correctement nos mesures de microdureté. Comme le montrent les études de Munchow et coll. et de Czasch & Ilie, ce polissage terminal a tendance à légèrement augmenter les valeurs de microdureté Vickers et donc à améliorer les propriétés mécaniques des composites (56, 41). Nos valeurs sont donc peut-être un peu au-dessus des valeurs réelles de microdureté de nos matériaux.

Nos valeurs de microdureté que nous obtenons à 0,1mm sont inférieures à celles que nous obtenons à 1, 2, 4 et 5mm. En effet, comme le montre l'étude de Rueggeberg et coll, il existe une couche faiblement polymérisée située entre 20 et 50 microns de profondeur (57). Cette différence de microdureté peut être due à l'inhibition de la polymérisation de la résine en surface par l'oxygène de l'air. Le contact entre l'oxygène et les radicaux libres de l'extrême surface des résines composites inhibe la polymérisation. Pour pallier cet effet Vallittu (1997) recommande d'utiliser une plaque de verre (58). Dans notre étude nous avons placé sur chacun des plots, au contact direct du matériau, une plaque de verre de 1mm donc normalement cette surface n'était pas au contact de l'oxygène. De plus nos premières mesures se situent à 100 microns de profondeur c'est-à-dire 2 fois plus loin que dans l'étude de Vallittu.

Le fait que nos valeurs de microdureté soient inférieures à la profondeur de 100 microns pourrait plutôt être dû à l'effet de bord ou « pile-up ». Comme les études de Bucata et Chuenarrom l'ont montré, lors de la réalisation de l'indentation sur la surface du composite, il peut y avoir un effet de bord dit « pile up » : il s'agit d'une accumulation de composite sur les bords de l'empreinte. Celle-ci est alors légèrement plus grande et les valeurs de microdureté calculées par l'ordinateur sont inférieures (59, 60).

Nous avons testé les composites Venus™ et les Filtek Bulk Fill™ qui sont nanochargés et ils ont des valeurs de microdureté plus faibles que l'X-trafil™, le Quixfil™ et le Sonic fill™, composites nanohybrides. Ces derniers sont les plus chargés et ont les valeurs de microdureté les plus élevées. Ceci est confirmé par Ferracane qui met en évidence une possible corrélation positive entre le taux de charge d'un composite et l'augmentation de sa microdureté (61). Rastelli insiste sur le fait que les propriétés mécaniques dépendent, en majeure partie, de la taille et du nombre de charges contenues dans la phase minérale des résines composites (62).

Cependant, on remarque que les microduretés des composites de haute viscosité décroissent de manière significative lorsque la profondeur de polymérisation augmente. En revanche, celles des composites de basse viscosité restent constantes jusqu'à 8mm de profondeur. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les matériaux fluides ont des charges plus petites qui laissent passer plus facilement la lumière en profondeur. Ces résultats sont confirmés par l'étude de Yap et coll, qui montre que pour un volume de charges donné, plus la taille des charges est petite, plus la lumière diffuse en profondeur et plus les propriétés mécaniques seraient améliorées. L'étude de Bucata et Ilie montre également que plus la taille des charges est importante (0.05–2µm), plus la transmission de la lumière est faible car les macro-particules dispersent la lumière bleue, empêchant celle-ci de pénétrer en profondeur (peu d'espace entre les charges) (60, 63).

Voici les tableaux récapitulatifs des taux de charges en poids et des microduretés moyennes des CBF de haute viscosité classés par ordre décroissant.

Matériau	Quixfil™	X-tra fil™	Sonic™	Tetric EvoCeram bulk fill™	Filtek Bulk postérieur™
Charges (% en poids)	86 %	85%	83,5 %	80 %	58,4%

Matériau	X-tra fil™	Quixfil™	Sonic™	Filtek Bulk postérieur™	Tetric EvoCeram bulk fill™
Microdureté Moyenne	106,24VHN	102,68VHN	99,45VHN	78,88VHN	62,78VHN

Pour les CBF de haute viscosité il semble y avoir une corrélation positive entre le taux de charges en poids et la microdureté Vickers. Cette hypothèse est en accord avec l'étude de Bucata et Ilie (60).

Les composites Quixfil™ et X-tra fil™ ont un taux de charge en poids presque identiques, et des résultats de microdureté similaires. Dans de nombreuses études ces deux composites obtiennent les meilleurs résultats de microdureté (64,65, 66).

Voici les tableaux récapitulatifs des taux de charges en poids et des microduretés moyennes des CBF de faible viscosité classés par ordre décroissant.

Matériau	X-tra Base™	SDR™	Venus™	Filtek A2™	Filtek U™
Charges (% en poids)	75%	68%	65%	64,5%	64,5%

Matériau	X-tra Base™	SDR™	Filtek U™	Filtek A2™	Venus™
Microdureté Moyenne	68,67VHN	47,23VHN	38,73VHN	38,44VHN	33,26VHN

Pour les CBF de faible viscosité il semble y avoir également une corrélation positive entre le taux de charges en poids et la microdureté Vickers. Cette hypothèse est en accord avec l'étude de Yap et coll et les résultats de notre étude sont en accord avec ceux de l'étude de Alrahlah et coll (63, 6).

Dans de nombreuses études le composite Venus™ obtient les résultats de microdureté les plus faibles en accord avec nos résultats. (67, 11)

Il existe cependant peu de travaux qui testent et comparent la microdureté Vickers des différents CBF de notre étude. La comparaison des microduretés ne peut donc pas être confirmée en s'appuyant sur la littérature. D'autre part il est important de préciser que nous comparons des microduretés Vickers des différents CBF avec d'autres études alors que nous n'adoptons pas tous le même protocole de réalisation. Par exemple, nous avons mesuré la microdureté Vickers en réalisant des cylindres de composites alors que certaines études réalisent des disques ou des barrettes (67, 68, 69, 70).

Parmi les composites de faible viscosité nous avons étudié les composites Filtek U™ et Filtek A2™ de 3M ESPE™ pour voir si la teinte a un effet sur la profondeur de polymérisation. Ces composites ont des matrices minérales et organiques identiques (taux de charge 64,5% en poids et 42,5% en volume), seule la teinte les différencie. Les moyennes de microdureté Vickers obtenues sont presque identiques: 38,44 VHN pour le Filtek A2™ et 38,73 VHN pour le Filtek U™. Ces résultats sont en accord avec l'étude de Lazarchik qui montre que les teintes claires semblent n'avoir aucune influence sur la profondeur de polymérisation (71).

Afin de fournir aux couches les plus profondes de la restauration une intensité lumineuse suffisante pour assurer leur polymérisation, la plupart des CBF sont translucides, rendant leur intégration esthétique plus difficile (13). Cependant les CBF sont particulièrement utilisés comme substitut dentinaire, ce qui n'entraîne pas de grave conséquence esthétique pour les restaurations des dents postérieures.

Voici un tableau récapitulatif des microduretés moyennes sur les 12 cylindres analysés des 10 composites en fonction de la profondeur de polymérisation classés par ordre décroissant.

En rouge les composites de haute viscosité non recouvrables, en bleu les composites fluides recouvrables.

	0,1	1	2	4	5	6	8
XF	105,21	112,22	112,28	106,84	103,54	102,77	100,82
QF	99,52	109,15	106,71	104,8	103,03	99,79	95,78
SO	99,21	111,11	106,82	103,35	99,14	94,93	81,59
FP	79,46	82,29	80,5	80,12	78,09	76,89	74,79
XB	65,16	74,45	73,4	71,01	67,26	65,86	63,56
TB	65,54	70,96	68,96	67,19	64,63	62,34	61,21
TE	60,07	65,59	66,14	65,45	62,97	60,91	58,32
SDR	42,06	44,49	43,99	43,11	42,19	41,12	40,23
FBU	31,68	40,64	41,81	41,56	39,89	38,89	36,65
FBA	38,36	39,97	40,32	38,73	38,45	37,33	35,93
VB	32,37	34,39	34,38	34,14	33,24	32,55	31,73

Tableau 15 : *Microdureté moyenne des composites de l'étude*

Le composite fluide X-tra Base™ obtient des résultats équivalents à ceux des composites de haute viscosité Tetric EvoCeram Bulk Fill™ et Filtek™ Bulk Fill, probablement à cause de sa teneur en charges plus élevée que les autres composites de faible viscosité. Selon l'étude de Alrahlah et coll il n'existe pas de différence significative entre ces composites (6).

Ce tableau nous permet de souligner le fait que le Tetric EvoCeram™, composite conventionnel, obtient des résultats de microdureté Vickers similaires au Tetric EvoCeram Bulk Fill™ et ce jusqu'à 8mm de profondeur. Ces résultats sont en accord avec ceux de l'étude de Ilie& Hickel (72) qui montrent que le composite Tetric EvoCeram™ polymérise jusqu'à 5,2mm de profondeur lorsque celui ci est photopolymérisé durant 40s.

Les résultats des microduretés Vickers que nous avons obtenus pour les composites Quixfil™ et Sonic™ sont supérieurs à ceux annoncés par les fabricants. Les résultats des microduretés Vickers que nous avons obtenus pour les composites X-tra Fil™, X-tra Base™, SDR™, Filtek U™, Filtek A2™ et Venus™ sont inférieurs à ceux annoncés par les fabricants. Cependant nos résultats de microdureté Vickers sont similaires à ceux obtenus dans d'autres études (66, 67, 68, 70).

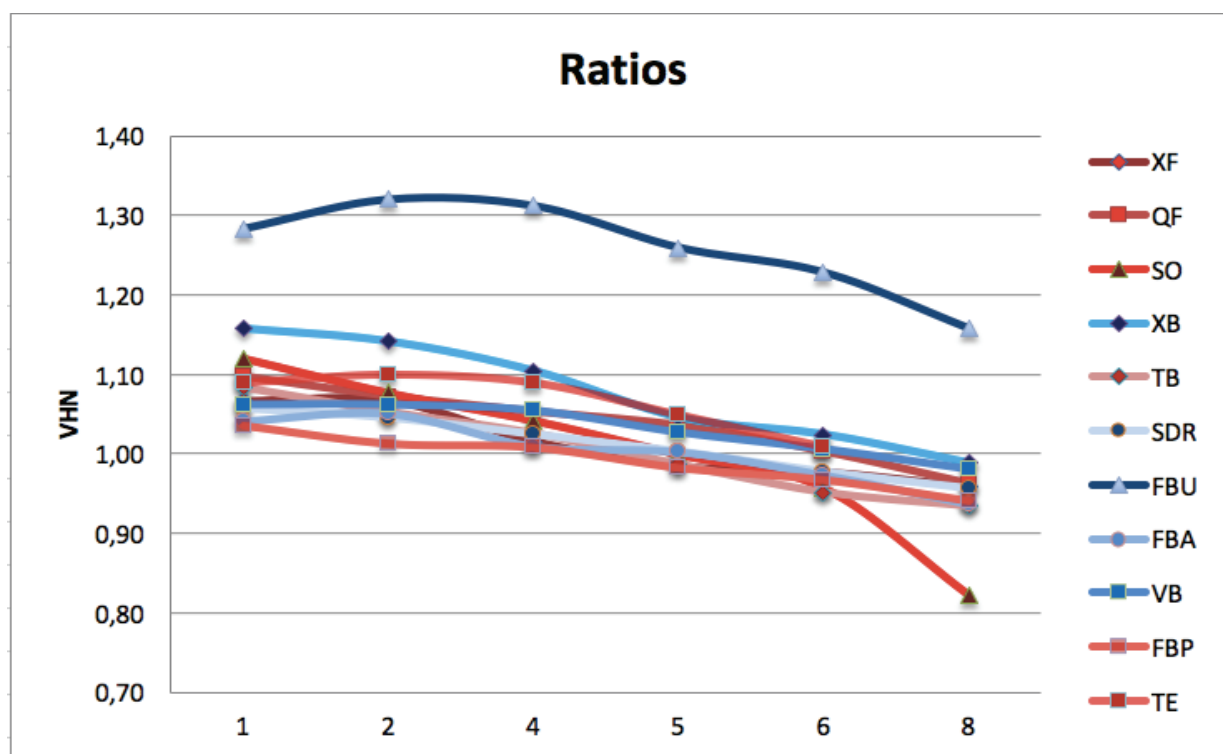


Figure 47 : Graphique comparatif des ratios (fond/surface) des bulk fill en fonction de la profondeur de polymérisation

La traduction graphique des ratios (fond/surface) calculés pour les composites de l'étude est présentée ci-dessus. D'après la littérature les microduretés sont acceptables lorsque les ratios sont supérieurs à 80% (73). Dans notre étude, tous les composites ont obtenu des ratios supérieurs à 80%, ce qui montre que la photopolymérisation est efficace y compris à 8mm de profondeur. La plupart des études évaluant la profondeur de polymérisation sont réalisées sur 4mm ce qui correspond aux recommandations des fabricants. Nos résultats montrent que la polymérisation est satisfaisante jusqu'à 8mm de profondeur. L'étude de Pedalino et coll confirme que la microdureté Vickers reste correcte pour une profondeur supérieure à 4mm (74). Et nos résultats sont soutenus par ceux de l'étude de Bucata et Ilie qui montrent que la profondeur de polymérisation des CBF est acceptable jusqu'à 6mm (60).

L'étude des ratios est tout de même controversée. En effet le calcul des ratios se fait par rapport à la couche de surface. Or, nous avons vu que cette microdureté n'est pas optimale à cause de la présence d'oxygène ou de l'effet « pile-up ». La microdureté optimale est obtenue à 1 ou 2mm de profondeur. Est-ce qu'il ne vaudrait pas mieux prendre ces mesures (1 et 2mm) comme référence de « surface » et calculer les ratios par rapport à ces valeurs de microdureté ?

L'étude de Rastelli et coll. de 2011 démontre en effet que l'utilisation des ratios pour l'analyse de la microdureté Vickers peut être à l'origine de mauvaises interprétations des résultats obtenus (62).

CONCLUSION

Ce travail et les données de la littérature nous permettent de conclure que la polymérisation des composites Bulk-Fill est satisfaisante jusqu'à une profondeur de 8mm même si elle décroît légèrement à partir de 5mm.

L'analyse de la profondeur de polymérisation par le biais du test de microdureté Vickers nous permet d'identifier plusieurs groupes de composites bulk-fill : le premier groupe dont les microduretés obtenues sont comprises en 100 et 120 VHN comprend les composites de haute viscosité non recouvrables (Sonic™ de Kerr™, Quixfil™ de Dentsply™ et X-tra Fill™ de Voco™), le second dont les microduretés sont les plus faibles et comprises entre 30 et 40 VHN est formé par les composites de faible viscosité recouvrables (Venus™ de Kerr™, Filtek U™ de 3M ESPE™, Filtek A2™ de 3M ESPE™ et SDR™ de Dentsply™). L'apparition d'un groupe intermédiaire, dont les microduretés sont comprises entre 60 et 80VHN nous laisse penser que d'autres critères que les charges des composites influencent les résultats de microdureté Vickers (Tetric EvoCeram Bulk Fill™ de Ivoclar Vivadent™, de X-tra Base™ de Voco™ et Filtek Bulk postérieur™ de 3M ESPE™).

La gamme Voco™ obtient les meilleurs résultats de microdureté Vickers dans cette étude: X-tra Fill™ pour les composites de haute viscosité, et l'X-tra Base™ pour les composites de faible viscosité.

Les résultats des Filtek U™ et Filtek A2™ de 3M ESPE™ montrent que les teintes claires n'influencent pas les résultats de microdureté Vickers.

Ces composites « bulk-fill » dits « fast track » offrent un gain de temps non négligeable tout en assurant une profondeur de polymérisation satisfaisante jusqu'à 8mm. Ils peuvent donc être utilisés pour les restaurations directes des cavités volumineuses ou les cavités d'accès des dents traitées endodontiquement. Cependant il reste bien d'autres propriétés mécaniques à tester avant de pouvoir affirmer qu'ils peuvent être utilisés en un seul incrément de 8mm de profondeur (75).

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Ferracane JL. Resin composite—State of the art. Department of Restorative Dentistry, Oregon Health & Science University, Portland, OR 97239, USA, 2010.
- (2) Vreven J, Raskin A, Sabbagh J, Vermeersch G, Leloup G. Résines composites. EMC (Elsevier SAS, Paris), Odontologie, 23-065-E-10, 2005.
- (3) Bassiouny MA, Grant AA. A visible light-cured composite restorative. Clinical open assessment. 1978 Br Dent J 145:327-30.
- (4) Hatrick C, Eakle S. Clinical applications for Dental Assistants and Dental hygienists. Third edition. Dental Materiale 2015.
- (5) Park J, Chang J, Ferracane JL, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? Dent Mater 2008;24:1501–5.
- (6) Alrahlah A, Silikas N, Watts D.C. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. Dent Mater. 2014 Feb;30(2):149-54. doi: 10.1016/j.dental.2013.10.011. Epub 2013 Nov 20.
- (7) Leprince JG, Palin WM, Hadis MA, Devaux J, Leloup G. Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. Dent Mater. 2013 Feb;29(2):139-56. doi: 10.1016/j.dental.2012.11.005. Epub 2012 Nov 27.
- (8) Buonocore M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res; 34: 849-853, 1955.
- (9) Bowen RL. Dental filling material comprising vinyl silane-treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bisphenol and glycidyl acrylate. US Patent. 1962; 3066: 112.
- (10) State-of-the-art restorations for posterior teeth .Tetric EvoCeram[®] Bulk Fill
- (11) El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. Oper Dent. 2014 Jul-Aug;39(4):374-82. doi: 10.2341/13-017-L. Epub 2013 Jul 18.
- (12) Van Ende A, De Munck J, Van Landuyt KL, Poitevin A, Peumans M, Van Meerbeek B. Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: effect on adhesion to cavity-bottom dentin. Dent Mater. 2013 Mar;29(3):269-77. doi: 10.1016/j.dental.2012.11.002. Epub 2012 Dec 8.
- (13) Lassila LV, Nagas E, Vallittu PK, Garoushi S. Translucency of flowable bulk-filling composites of various thicknesses. Chin J Dent Res. 2012;15(1):31-5.

- (14) Melchio F. Etude expérimentale de mesure du degré de conversion et des taux d'absorption/solubilité des nouveaux composites "Bulk Fill". Thèse pour le diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire 2013.
- (15) Dossier scientifique, SDR™ Surefil (Dentsply™)
- (16) Dossier scientifique, Venus™ (Heraeus Kulzer™)
- (17) Dossier scientifique, X-tra Base™ (Voco™)
- (18) Dossier scientifique Filtek U™ (3M ESPE™)
- (19) Dossier scientifique Filtek A2™ (3M ESPE™)
- (20) Dossier scientifique X-tra Fil™ (Voco™)
- (21) Dossier scientifique, Tetric™ EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar-Vivadent™)
- (22) Dossier scientifique, Quixfil™ (Dentsply™)
- (23) Dossier scientifique SonicFill™ (Kerr™)
- (24) Dossier scientifique, Filtek bulk postérieur™ (3M ESPE™)
- (25) Dossier scientifique, Tetric™ Evoceram (Ivoclar-Vivadent™).
- (26) Scientific documentation bluephase® family, Ivoclar-vivadent™.
- (27) Bluephase[®] Meter (Ivoclar-vivadent™)
- (28) Mecatech 334. PRESI - Métallographie
- (29) Menguy N. Le microscope électronique à balayage (MEB). Institut de Minéralogie et Physique des Milieux Condensés.
- (30) BUEHLER MicroMet 5100 Série MICRODUROMETRES
- (31) Mac Cabe JF, Walls AWG. Applied dental materials. Ed Blackwell Science. 9thed, 2008; chap.2, p13-14.
- (32) El-Safty S, Silikas N, Watts DC. Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. Dent Mater. August 2012 ; 28(8):928-935.
- (33) Muller-Bolla M, Bourgeois D, Sixou M, Lupi-Pegurier L, Velly AM. L'épidémiologie clinique dans la pratique quotidienne du chirurgien dentiste. Mémento, éditions Cdp, 2010.
- (34) Rode KM, Kawano Y, Turbino ML. Evaluation of Curing Light Distance on Resin Composite Microhardness and Polymerization. Operative Dentistry, 2007, 32-6, 571-578.

- (35) Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J*. 1999 Apr 24;186(8):388-91.
- (36) Duret F, Pelissier B, Crevassol LB. Mise au point sur la lampe à photopolymérisation ultra-rapide plasmatisque : bilan après 6 ans et mode d'emploi. *Information Dentaire*, 44 : 3547-3558, 1999.
- (37) Asmussen E, Peutzfeldt A. Temperature rise induced by some light emitting diode and quartz-tungsten-halogen curing units. *Euro J Oral Sci*. 2005 Feb; 113(1): 96-8.
- (38) Bouillaguet S, Caillot G, Forchelet J, Cattani- Lorente M, Wataha JC, Krejci I. Thermal risks from LED- and high-intensity QTH-curing units during polymerization of dental resins. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2005 Feb 15;72(2):260-7.
- (39) Uhl A, Volpel A, Sigusch B. Influence of heat from light curing units and dental composite polymerization on cells in vitro. *J Dent*. 2006 Apr;34(4):298-306. Epub 2005 Sep 19.
- (40) Yazici AR, Müftü A, Kugel G, Perry RD. Comparison of temperature changes in the pulp chamber induced by various light curing units, in vitro. *Oper Dent*. 2006 Mar-Apr;31(2):261-5.
- (41) Czasch P, Ilie N. In Vitro Comparison of Mechanical Properties and Degree of Cure of Bulk-Fill Composites *Clin Oral Investig*. 2013 Jan;17(1):227-35. Epub 2012 Mar 14.
- (42) Ilie N, Stark K. Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites. Department of Operative/Restorative Dentistry, Periodontology and Pedodontics, Ludwig-Maximilians-University of Munich, Goethestr. 70, 80336 Munich, Germany 2014.
- (43) Akram S, Ali Abidi SY, Ahmed S, Meo AA, Qazi FU. Effect of different irradiation times on microhardness and depth of cure of a nanocomposite resin. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2011 Jul ;21(7):411-4.
- (44) Abbas G, Fleming GJ, Harrington E, Shortall AC, Burke FJ. Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with a packable composite cured in bulk or in increments. *J Dent*. 2003 Aug;31(6):437-44.
- (45) Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B, Kostylev I, Fahey J. Correlation between the beam profile from a curing light and the microhardness of four resins. *Dent Mater*. 2014 Dec;30(12):1345-57.
- (46) Michaud PL, Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B. Localised irradiance distribution found in dental light curing units. *J Dent*. 2014 Feb;42(2):129-39. doi: 10.1016/j.jdent.2013.11.014. Epub 2013 Nov 25.
- (47) Haenel T, Hausnerova B, Steinhaus J, Price RB, Sullivan B, Moeginger B. Effect of the irradiance distribution from light curing units on the local micro-hardness of the surface of dental resins. *Dent Mater*. 2015 Feb;31(2):93-104. doi: 10.1016/j.dental.2014.11.003. Epub 2014 Dec 5.

- (48) Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites. *J Dent*. 2015 Feb;43(2):209-18. doi: 10.1016/j.jdent.2014.12.004. Epub 2014 Dec 13.
- (49) Takanashi E, Kishikawa R, Ikeda M, Inai N, Otsuki M, Foxton Rm, Tagami J. Influence of abrasive particle size on surface properties of flowable composites. *Dent Mater J*. 2008; 27: 780-786.
- (50) Turkun LS, Turkun M. The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Oper Dent*. 2004; 29: 203-211.
- (51) Vander Voort GF, Fowler R. Low-Load Vickers Microindentation. *Advanced Materials& Processes*. April 2012.
- (52) Topcu FT, Erdemir U, Sahinkesen G, Yildiz E, Uslan I, Acikel C. Evaluation of microhardness, surface Roughness, and wear behavior of different types of resin composites polymerized with two different light sources. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2010 Feb; 92(2):470-8.
- (53) Marghalani HY. Post-Irradiation Vickers Microhardness Development of Novel Resin Composites. *Materials Research*. 2010; 13(1): 81-87
- (54) Finan L, Palin WM, Moskwa N, McGinley EL, Fleming GJ. The influence of irradiation potential on the degree of conversion and mechanical properties of two bulk-fill flowable RBC base materials. *Dent Mater*. 2013 Aug ;29(8):906-12. *J.dental*.2013.05.008. Epub 2013 Jun 17.
- (55) Randall N. Cesm Instrument. Caractérisation des matériaux: la nanodureté bénéficie du microscope à force atomique. *Solutions. Mesures* 732. Février 2001.
- (56) Munchow EA, Correa MB, Ogliari FA, Piva E, Zanchi CH. Correlation between surface roughness and microhardness of experimental composites with varying filler concentration. *J. Contemp Dent Pract*. May 2012.
- (57) Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res*. 1990 Oct;69(10):1652-8.
- (58) Vallittu PK. Oxygen inhibition of autopolymerization of polymethylmethacrylate-glass fibre composite. *J Mater Sci Mater Med*. 1997 Aug;8(8):489-92.
- (59) Chuenarrom C, Benjakul P, Daosodsai P. Effect of indentation load and time on knoop and vickers microhardness tests for enamel and dentin. Department of Prosthetic Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand
- (60) Bucata S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Investig*. 2014 Nov ;18(8):1991-2000. Epub 2014 Jan 11.

- (61) Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater.* 1985 ; 1 :11-4.
- (62) Rastelli AN, Jacomassi DP, Faloni AP, Queiroz TP, Rojas SS, Bernardi MI, Bagnato VS, Hernandez AC. The Filler Content of the Dental Composite Resins and Their Influence on Different Properties. *Microscopy Research and Technique* 2011.
- (63) Yap AU, Tan CH, Chung SM. Wear behavior of new composite restoratives. *Oper Dent* 2004 ; 29: 269-274.
- (64) Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Tauböck TT. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *Clin Oral Investig.* 2015 May;19(4):831-40. doi: 10.1007/s00784-014-1302-6. Epub 2014 Aug 21.
- (65) Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dent Mater.* 2014 Oct;30(10):1104-12. doi: 10.1016/j.dental.2014.07.001. Epub 2014 Jul 30.
- (66) Fleming GJ, Awan M, Cooper PR, Sloan AJ. The potential of a resin-composite to be cured to a 4mm depth. *Dent Mater.* 2008 Apr;24(4):522-9. Epub 2007 Jul 31.
- (67) Kaminedi RR, Penumatsa NV, Priya T, Baroudi K. The influence of finishing/polishing time and cooling system on surface roughness and microhardness of two different types of composite resin restorations. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2014 Dec;4(Suppl 2):S99-S104. doi: 10.4103/2231-0762.146211.
- (68) Coelho Santos Jr G, El-Mowafy O, Rubo JH, Coelho Santos M. Hardening of Dual-Cure Resin Cements and a Resin Composite Restorative Cured with QTH and LED Curing Units. *APPLIED RESEARCH.*
- (69) Aguiar FH, Andrade KR, Leite Lima DA, Ambrosano GM, Lovadino GR. Influence of light curing and sample thickness on microhardness of a composite resin. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry* 2009 May 6;1:21-5. Print 2009.
- (70) Schattenberg A, Lichtenberg D, Stender E, Willershausen B, Ernst CP. Minimal exposure time of different LED-curing devices. *Dent Mater.* 2008 Aug;24(8):10439.doi:0.1016/j.dental.2007.12.001. Epub 2008 Jan 31.
- (71) Lazarchik D, Hammond BD, Sikes CL, Looney SW, Rueggeberg FA. Hardness comparison of bulk-filled/transtooth and incremental-filled/occlusally irradiated composite resins. *J Prosthet Dent.* 2007 Aug;98(2):129-40.
- (72) Ilie N, Hickel R. Quality of curing in relation to hardness, degree of cure and polymerization depth measured on a nano-hybrid composite. *Am J Dent.* 2007 Aug;20(4):263-8.
- (73) Mount GJ, Hume WR. Préservation et restauration de la structure dentaire. Année : 2002. Editeur: De Boeck Université.

(74) Pedalino I, Hartup GR, Vandewalle KS. Depth of cure of bulk-fill flowable composite resins. *Gen Dent*. 2015 Sep-Oct;63(5): e28-34.

(75) Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbath J, Lelop G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent*. 2014 Aug;42(8):993-1000. [j.jdent.2014.05.009](#). Epub 2014 May 27.

ANNEXES

Lot	Composite	Fabricant	Type	Teinte	Temps	Profondeur	Matrice	Filler	Wt	Volum e	Micro durete annon cee
lot 14060 01055 06 2016	Surfill SDR Flow Bulk-Fill	dentsply	Flowable bulk fill	A2	20 secondes	4mm	Modified UDMA EBPA DMA TEGDMA	Filler Ba-Al-F-B-Si-glass, St-Al-F-Si-glass Filler loading	68 %	44 %	61 MHV
lot 01010 5 08-2017	Venus Flow Buk-Fill	Heraeus Kuker	Flowable bulk fill	U	20 secondes	4mm	UDMA, EBADMA	Filler diameter 20nm-5um Ba-Al-F silicate glass YbF3, SiO2 Filler loading	65 %	38 %	52 MHV
Lot 14223 41 08-2016	X-tra-Base	Voco	Flowable bulk fill	U	20 secondes	4mm	UDMA MMA BisEMA	Inorganic fillers	75 %	58 %	100MHV
Lot N5618 23 01-2017	Filtek bulk fill	3M ESPE	Flowable bulk fill	A2	20 secondes	4mm	Bis GMA Bis EMA UDMA procrylat	zirconia,silica,yttrium trifluoride	64,5 %	42,5 %	56,9 MHV
Lot N5892 51 02-2017	Filtek bulk fill	3M ESPE	Flowable bulk fill	U	20 secondes	4mm	Bis GMA Bis EMA UDMA	zirconia,silica,yttrium trifluoride	64,5 %	42,5 %	56,9MHV

Lot	Comp osite	Fabric ant	Type	Teinte	Temp s	Profo ndeur	Matric e	Filler	Wt	Volum e	Micro durete annon cee
Lot 34126 82 12- 2016	Tetric EvoCe ram Bulk Fill	Ivoclar Vivade nt	Nano hybrid e bulk fill	IV A	20 secon des	4mm	BisGM A, UDMA TEGD MA	Ba glass YbF3 oxides and prepol ymers	80 %	60 %	non testé
Lot 14206 13 11- 2016	X-tra- fill	Voco	bulk fill restaur ative	U	20sec ondes	4mm	MMA Bis EMA	charge s 86%	85 %	58 %	142 MHV
Lot 50461 93 12- 2015	Sonicfi II	Kerr	Nano hybrid e bulk fill restaur ative	A2	20 secon des	4mm	MSPM A, EBPA DMA, BisGM A, TEGD MA	SiO2,v erre de baryu m et oxydes	83,5 %	83 %	90 MHV
Lot 14040 00930 10- 2015	Quickfi II	Dentsp ly	bulk fill restaur ative	U	10-20s	4mm	Bis- GMA, UDMA ,TEGD MA,T MPTP A,	verre 1 à 10um	86 %	66 %	88 MHV
ref	Tetric EvoCe ram	Ivoclar Vivade nt	Nano hybrid e Restau rative	A2	20sec ondes	2mm	BisGM A, UDMA , DMDM A, Bis DMA	Minera le Barym trifluori de d'ytter bium d'oxyd e mixte et de prepol ymere s filler loadin g	79 %	69 %	non testé

Lot	Comp osite	Fabric ant	Type	Teinte	Temp s	Profo ndeur	Matric e	Filler	Wt	Volum e	Micro durete annon cee
	Filtek Bulk postéri eur	3M ESPE	nanoh ybride restaur ative	A2	20 secon des	4mm	UDMA , AUDM A, 12- dodec ane- DMA	zirconi a , silica, ytterbi um trifluori de	58,4 %	76,5 %	82 MHV

Tableaux récapitulatif des microduretés Vickers obtenues.

1- Filtek U™ de 3M ESPE™

Filtek U	0,10	1,00	2,00	4,00	5,00	6,00	8,00
Cylindre 1	25,87	36,94	42,06	41,84	41,95	37,49	27,08
Cylindre 2	31,80	42,57	44,37	42,91	37,44	37,40	36,22
Cylindre 3	32,28	41,68	42,68	42,17	39,33	37,35	35,61
Cylindre 4	29,89	39,58	41,52	40,87	39,03	38,68	37,26
Cylindre 5	29,56	42,17	41,62	40,71	39,53	39,33	39,48
Cylindre 6	30,19	41,79	42,74	42,51	42,85	42,34	40,82
Cylindre 7	37,30	40,09	39,93	40,04	37,87	37,58	38,49
Cylindre 8	34,68	41,84	41,68	42,34	40,71	39,73	35,61
Cylindre 9	30,81	38,98	40,92	40,35	40,04	38,25	39,48
Cylindre 10	32,96	42,23	41,57	41,57	40,87	41,14	36,40
Cylindre 11	32,96	40,40	41,84	41,90	39,58	38,68	37,21
Cylindre 12	31,84	39,48	40,82	41,46	39,48	38,73	36,22
Moyenne	31,68	40,64	41,81	41,56	39,89	38,89	36,65
ratio		128,28	139,98	131,19	125,91	122,76	115,69

2- Filtek A2™ de 3M ESPE™

Filtek A2	0,1	1	2	4	5	6	8
cylindre 1	45,47	38,01	39,23	39,23	38,20	34,59	33,12
cylindre 2	37,87	42,57	40,04	40,40	40,35	38,44	37,48
cylindre 3	39,03	39,63	40,77	38,39	38,39	36,98	34,24
cylindre 4	35,78	37,17	41,24	37,96	37,87	38,15	37,54
cylindre 5	39,13	41,08	39,38	38,93	36,22	35,01	34,27
cylindre 6	38,34	39,88	40,14	37,54	37,91	37,21	36,26
cylindre 7	33,62	37,49	37,68	35,61	35,95	36,31	35,07
cylindre 8	37,26	39,23	39,43	39,48	38,58	37,54	37,26
cylindre 9	38,88	40,66	40,40	39,43	39,18	38,68	37,04
cylindre 10	39,88	42,40	42,79	37,68	38,29	37,26	36,57
cylindre 11	38,58	41,19	41,46	39,83	40,09	38,63	35,95
cylindre 12	36,53	40,29	41,30	40,35	40,40	39,13	36,40
moyenne	38,36	39,97	40,32	38,73	38,45	37,33	35,93
	2,83	1,77	1,33	1,38	1,43	1,44	1,44
ratio		104,2	105,11	100,96	100,23	97,31	93,66

3- SDR™ de Dentsply™

SDR	0,10	1,00	2,00	4,00	5,00	6,00	8,00
cylindre 1	51,04	45,35	45,35	50,52	49,31	44,73	43,87
cylindre 2	42,12	43,31	42,40	41,95	41,52	41,52	40,57
cylindre 3	44,43	42,74	43,19	42,45	41,57	42,01	41,08
cylindre 4	43,25	44,19	43,72	44,07	43,42	40,19	39,57
cylindre 5	43,14	44,31	44,31	43,60	42,96	42,96	41,75
cylindre 6	38,93	45,16	45,85	45,35	41,52	40,77	39,84
cylindre 7	41,41	47,33	44,55	41,68	41,35	40,98	39,66
cylindre 8	40,92	43,19	41,68	40,35	39,63	40,14	39,30
cylindre 9	38,68	41,79	41,62	39,98	40,24	39,38	38,88
cylindre 10	37,17	47,07	47,80	42,91	42,91	38,88	37,89
cylindre 11	41,62	45,16	44,01	43,14	40,50	40,92	40,50
cylindre 12	42,06	44,31	43,37	41,35	41,41	40,98	39,83
MOYENNE	42,06	44,49	43,99	43,11	42,19	41,12	40,23
ET	3,51	1,65	1,78	2,79	2,51	1,58	1,53
Ratio		105,77	104,59	102,50	100,31	97,76	95,65

4- Venus™ de Heraeus™

venus	0.1	1,00	2,00	4,00	5,00	6,00	8,00
cylindre 1	31,76	34,35	34,10	34,31	34,31	32,77	32,43
cylindre 2	32,47	36,17	34,68	34,88	32,39	32,32	31,59
cylindre 3	30,46	31,80	34,35	32,88	33,35	32,81	31,40
cylindre 4	31,62	34,35	32,09	32,17	32,43	32,02	31,30
cylindre 5	34,43	34,55	35,14	34,80	34,80	33,70	33,08
cylindre 6	31,23	32,43	34,22	34,31	34,02	33,43	33,00
cylindre 7	35,69	35,91	35,14	34,63	32,62	33,19	31,73
cylindre 8	29,59	35,05	34,18	34,47	32,88	32,81	32,06
cylindre 9	32,17	34,31	34,10	33,27	31,76	30,91	30,39
cylindre 10	32,77	35,26	34,88	35,31	34,39	32,32	32,16
cylindre 11	34,47	34,10	34,93	34,35	33,70	33,98	33,50
cylindre 12	31,80	34,39	34,76	34,27	32,24	30,36	28,14
	32,37	34,39	34,38	34,14	33,24	32,55	31,73
	1,75	1,26	0,82	0,91	0,99	1,07	1,42
ratio		106,24	106,21	105,47	102,69	100,56	98,03

5- X-tra Base™ de Voco™

XTRABASE	0,10	1,00	2,00	4,00	5,00	6,00	8,00
cylindre 1	95,52	81,39	80,21	80,07	73,01	69,94	69,00
cylindre 2	59,15	86,38	82,90	81,84	62,52	62,82	61,97
cylindre 3	59,61	65,75	65,85	65,32	64,05	63,74	62,64
cylindre 4	68,65	75,08	72,63	68,65	63,43	62,82	62,41
cylindre 5	52,40	75,34	74,68	69,12	67,29	68,65	67,97
cylindre 6	49,87	67,06	67,97	63,94	64,36	63,43	63,26
cylindre 7	71,02	70,54	71,88	71,02	70,06	66,95	64,49
cylindre 8	55,53	72,00	68,88	66,51	66,62	66,84	62,88
cylindre 9	63,74	71,02	70,54	64,99	65,32	59,33	56,14
cylindre 10	76,28	76,82	76,14	75,47	67,97	68,42	62,02
cylindre 11	60,27	78,49	75,74	76,01	76,41	70,78	64,15
cylindre 12	59,89	73,52	73,39	69,23	66,07	66,62	65,82
	64,33	74,45	73,40	71,01	67,26	65,86	63,56
	12,41	5,86	4,95	5,99	4,12	3,43	3,28

6- Sonic™ de Kerr™

Sonic	0.1	1,00	2,00	4,00	5,00	6,00	8,00
cylindre 1	59,15	77,51	120,62	119,29	108,91	105,53	87,70
cylindre 2	96,09	121,44	103,15	101,47	101,26	99,63	80,50
cylindre 3	103,15	118,24	111,98	109,38	108,45	107,32	82,14
cylindre 4	114,67	119,56	116,69	105,53	100,24	96,48	80,80
cylindre 5	104,66	106,20	107,09	106,20	103,37	91,13	91,66
cylindre 6	105,97	113,92	106,64	104,44	91,66	90,25	82,75
cylindre 7	90,08	104,01	108,22	106,20	104,87	93,84	88,71
cylindre 8	101,26	104,44	102,10	101,26	102,10	93,10	76,69
cylindre 9	95,33	106,20	107,09	105,75	101,26	100,44	73,77
cylindre 10	108,45	104,22	93,65	88,88	81,24	76,69	75,47
cylindre 11	89,56	111,74	102,52	89,91	86,05	86,38	79,78
cylindre 12	91,13	101,89	102,10	101,89	100,24	98,43	79,06
moyenne	96,63	107,45	106,82	103,35	99,14	94,93	81,59
	14,18	11,60	7,18	8,08	8,53	8,42	5,44
ratio		111,20	110,54	106,95	102,60	98,24	84,44

7- Quixfil™ de Dentsply™

Quixfill	0,10	1,00	2,00	4,00	5,00	6,00	8,00
cylindre1	89,39	110,78	109,38	109,61	106,87	107,09	92,56
cylindre2	107,77	109,14	104,22	100,65	95,90	94,58	94,39
cylindre3	99,43	109,38	109,38	109,14	108,22	108,45	92,56
cylindre4	106,42	111,02	108,91	109,14	108,45	91,84	96,86
cylindre5	100,24	112,94	113,19	105,09	104,44	100,03	99,23
cylindre6	97,25	111,02	106,20	101,26	100,44	98,83	97,64
cylindre7	94,58	108,22	108,00	107,77	102,10	102,31	99,25
cylindre8	99,23	110,08	105,97	107,32	104,66	99,43	99,02
cylindre9	100,03	106,42	101,06	100,03	100,03	95,14	94,77
cylindre10	98,03	102,52	106,20	103,79	104,22	102,31	90,43
cylindre11	101,89	115,17	106,20	103,58	104,01	102,52	99,23
cylindre12	100,03	103,15	101,89	100,24	97,06	94,96	93,44
MOYENNE	99,52	109,15	106,71	104,80	103,03	99,79	95,78
ET	4,83	3,69	3,38	3,72	4,06	5,09	3,14
RATIO		109,68	107,22	105,3	103,53	100,27	96,24

8- X-tra fil™ de Voco™

XTRAFIL	0,1	1	2	4	5	6	8
cylindre 1	107,54	114,67	115,42	102,94	103,58	102,10	96,67
cylindre 2	108,45	113,19	109,84	108,45	105,53	103,37	97,64
cylindre 3	111,98	114,92	115,42	102,31	101,06	101,26	100,58
cylindre 4	100,85	114,67	117,20	111,02	108,91	108,68	99,23
cylindre 5	112,94	110,08	117,98	101,26	100,65	100,44	99,47
cylindre 6	102,52	108,45	107,09	103,37	101,06	100,03	106,42
cylindre 7	103,58	116,43	117,46	115,17	103,58	103,15	102,73
cylindre 8	105,31	105,75	105,97	103,37	104,22	103,58	103,58
cylindre 9	100,65	117,98	112,22	106,87	105,53	105,97	105,00
cylindre 10	101,06	114,92	116,18	115,42	102,94	100,85	99,38
cylindre 11	105,31	108,22	105,09	104,87	102,94	100,85	97,79
cylindre 12	102,31	107,32	107,54	107,09	102,52	102,94	101,42
	105,21	112,22	112,28	106,84	103,54	102,77	100,82
	4,23	4,03	4,91	4,84	2,33	2,51	3,07
ratio		106,66	106,72	101,55	98,42	97,68	95,83

9- Tetric Evoceram™ d'Ivoclar Vivadent™

tetric E	0,1	1	2	4	5	6
cylindre 1	55,63	59,91	62,31	65,92	73,15	65,92
cylindre 2	55,99	65,39	62,10	61,40	64,41	59,65
cylindre 3	57,21	65,77	64,86	70,95	60,18	64,34
cylindre 4	75,54	67,17	63,75	61,54	63,53	60,51
cylindre 5	58,34	61,68	65,01	71,73	60,38	62,81
cylindre 6	59,45	62,17	68,69	65,46	67,33	61,06
cylindre 7	55,10	60,38	61,68	62,52	61,61	58,73
cylindre 8	66,93	72,26	67,96	65,92	64,04	62,52
cylindre 9	56,96	66,07	70,87	64,71	63,24	59,45
cylindre 10	58,86	70,27	72,35	67,56	58,67	57,46
cylindre 11	58,60	65,39	71,82	66,23	59,71	55,57
cylindre 12	62,17	70,61	62,24	61,40	59,38	59,32
moyenne	60,07	65,59	66,14	65,45	62,97	60,61
sd	5,85	4,05	4,02	3,47	4,10	2,92
ratio		109,19	110,10	108,96	104,83	100,90

10- Tetric EvoCeram™ bulk fill d'Ivoclar Vivadent™

tetric bulk	0,1	1	2	4	5	6	8
cylindre1	71,56	70,44	76,30	74,61	70,95	68,13	66,62
cylindre2	74,06	76,11	67,64	66,93	62,95	61,47	60,46
cylindre3	65,84	72,61	64,48	64,26	63,17	63,46	61,82
cylindre4	65,46	69,19	63,97	64,26	63,46	59,98	58,22
cylindre5	65,08	70,87	70,19	68,21	65,54	62,59	61,40
cylindre6	67,09	74,33	70,70	70,78	66,62	60,25	59,40
cylindre7	62,17	69,27	71,65	65,31	62,31	61,40	59,89
cylindre8	67,64	73,51	69,94	66,85	66,38	64,04	63,18
cylindre9	58,99	69,02	66,77	64,56	62,31	62,17	61,15
cylindre10	64,48	66,85	68,21	64,04	63,02	59,98	58,74
cylindre11	64,34	70,10	70,70	68,78	64,41	61,40	61,22
cylindre12	59,78	69,19	66,93	67,64	64,41	63,24	62,47
moyenne	65,54	70,96	68,96	67,19	64,63	62,34	61,21
	4,33	2,66	3,38	3,15	2,48	2,27	2,25
ratio		108,27	105,21	102,52	98,61	95,12	93,39

11- Filtek bulk postérieur™ de 3M ESPE™

Fil P	0,1	1	2	4	5	6	8
C1	85,57	82,75	74,03	81,39	85,57	79,34	77,23
C2	78,21	77,93	79,78	79,78	79,92	78,35	77,65
C3	79,92	79,92	79,92	78,21	79,49	73,64	67,06
C4	78,63	79,34	78,91	76,82	77,93	75,21	73,01
C5	76,96	81,99	80,65	72,50	73,39	75,74	76,28
C6	84,61	81,24	77,79	85,25	75,61	77,79	
C7	84,77	81,84	81,54	80,21	78,07	79,49	72,25
C8	79,20	79,34	79,06	79,20	78,49	76,41	75,87
C9	76,96	86,05	84,14	81,54	73,52	73,64	72,13
C10	76,28	88,88	87,70	84,30	77,37	76,01	75,21
C11	75,08	85,09	79,78	79,63	78,77	79,34	79,34
C12	77,37	83,06	82,75	82,60	78,91	77,65	76,69
moyenne	79,46	82,29	80,50	80,12	78,09	76,89	74,79
ecarts types	3,58	3,16	3,39	3,40	3,20	2,10	3,44
		1,04	1,01	1,01	0,98	0,97	0,94
			0,98	0,97	0,95	0,93	0,91

Serment d'Hippocrate

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate,

*Je promets et je jure, au nom de l'Etre Suprême, d'être fidèle aux lois
de l'Honneur et de la probité dans l'exercice de La Médecine
Dentaire.*

*Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un
salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun
partage clandestin d'honoraires.*

*Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce
qui se passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et
mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le
crime.*

*Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation,
de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre
mon Devoir et mon patient.*

Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès sa conception.

*Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes
connaissances médicales contre les lois de l'Humanité.*

*Respectueux et reconnaissant envers les Maîtres, je rendrai à
leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes
promesses,*

*Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y
manque.*



Approbation – Improbation

Les opinions émises par les dissertations présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, sans aucune approbation ou improbation de la Faculté de Chirurgie dentaire (1).

Lu et approuvé,

Vu,
Nice, le

Le Président du jury,

Le Doyen de la Faculté de
Chirurgie Dentaire de l'UNS

Professeur Marc BOLLA

Professeur Armelle MANIERE

(1) Les exemplaires destinés à la bibliothèque doivent être obligatoirement signés par le Doyen et par le Président du Jury.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA PROFONDEUR DE POLYMÉRISATION PAR UN TEST DE MICRODURETÉ VICKERS DE 10 COMPOSITES « BULK-FILL ».

Thèse : Chirurgie Dentaire, Nice, 2015, n°42-57-15-34

Directeur de thèse : Docteur Nathalie BRULAT-BOUCHARD

Mots-clés : Composites Bulk-Fill, profondeur de polymérisation, microdureté Vickers

Résumé:

Buts: Le but de cette étude in vitro est, dans un premier temps, de tester la profondeur de polymérisation de 10 composites Bulk-Fill par un test de microdureté Vickers et ce jusqu'à 8mm de profondeur, et dans un second temps, de comparer les résultats des composites de même composition et d'évaluer l'influence de la teinte des composites sur les résultats de microdureté Vickers.

Matériels et Méthode: 132 cylindres de composites (12x10) ont été préparés dans des moules en téflon. Onze composites, dix composites Bulk-Fill (Tetric Evoceram Bulk Fill™, Quixfil™, X-tra fil™, X-tra Base™, SDR™, Venus™, Filtek A2™, Filtek U™, Filtek Bulk postérieur™ et Sonic™) et un composite conventionnel- témoin (Tetric Evoceram™) ont été utilisés. Les cylindres de composite sont photopolymérisés avec la lampe Bluephase 20i d'Ivoclar Vivadent®, selon un axe perpendiculaire à la surface durant 40s. Après 24heures de mise en étuve à 37,5°C, les composites sont polis avec 4 disques de granulométrie décroissante. Les états de surface sont observés au microscope électronique à balayage. Les mesures de microdureté Vickers sont effectuées avec le microduromètre Micromet 5100® série de Buehler. Sept mesures sont réalisées (à 0,1mm, 1, 2, 4, 5, 6 et 8mm de profondeur) après application d'une charge de 100g durant 20s. Les données ont été analysées par le test de Kruskal-Wallis avec un seuil significatif fixé à 5% puis par le test de comparaison par paires de Dunn avec une correction de Bonferroni.

Résultats: Les résultats de microdureté Vickers révèlent l'existence de trois groupes de composites. Le premier groupe ayant les valeurs de microdureté Vickers les plus importantes comprend les composites Bulk-Fill de haute viscosité non recouvrables. Le dernier groupe ayant les valeurs de microdureté Vickers les plus faibles comprend les composites Bulk-Fill de faible viscosité recouvrables. Le groupe intermédiaire comprend à la fois des composites de faible viscosité et de haute viscosité. Pour les composites non recouvrables, les meilleurs résultats sont ceux de l'X-tra Fil™ de Voco™ et pour les composites recouvrables les meilleurs résultats sont ceux de l'X-tra Base™ de Voco™. Les composites Filtek U™ et Filtek A2™, qui diffèrent uniquement par leur teinte, obtiennent des résultats de microdureté Vickers presque identiques. Tous les composites testés obtiennent des ratios fond/surface supérieurs à 80% et ce jusqu'à 8mm de profondeur. Les valeurs de microdureté Vickers des composites Bulk-Fill de haute et de faible viscosité semblent plus élevées lorsque leur taux de charges en poids des composites augmente.

Conclusion: la profondeur de polymérisation des composites bulk-fill est satisfaisante mais diminue progressivement jusqu'à 8mm. Les teintes claires ne semblent pas avoir d'influence sur la microdureté Vickers des composites.